BIONOMIE DES MEERES.

Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke und Existenzbedingungen.

Von

Johannes Walther,
a. o. Professor an der Universität Jena.

Erster Theil einer

Einleitung in die Geologie
als historische Wissenschaft.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer
1893.

BIONOMIE DES MEERES.

Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke und Existenzbedingungen.

Von

Johannes Walther,
a. o. Professor an der Universität Jena.

Erster Theil einer

Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer
1893.

I. THEIL:

BIONOMIE DES MEERES.

Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke und Existenzbedingungen.

Zum Gedächtniss an den Verfasser der

„Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche“

Karl Ernst Adolf von Hoff

geb. 1771, gest. 1837.

Vorwort.

Im Jahre 1883 habe ich das vorliegende Werk begonnen und seit jener Zeit ununterbrochen daran gearbeitet. Alle meine Reisen in vier Kontinenten hatten kein anderes Ziel, als mich durch eigene Anschauung über gewisse Erscheinungen zu unterrichten; die Mehrzahl meiner Publikationen waren Vorarbeiten und Entwürfe von einzelnen Abschnitten dieses Buches, und viele bisher noch nicht veröffentlichte Beobachtungen sind darin eingestreut.

An der Zoologischen Station zu Neapel lernte ich 1883/4 und 1885 die Meeresfauna und die Sedimente des Golfes von Neapel kennen; längere Fussreisen in den Vulkangebieten vom Albanergebirge bis zum Etna machten mich mit den vulkanischen Erscheinungen vertraut. 1886 und 1887 studirte ich Abrasionserscheinungen an den deutschen und schwedischen Küsten von Helgoland bis Memel und Wisby. 1887 durchzog ich mehrere Monate lang die Wüsten von Nordarabien und Aegypten, und beobachtete einige Wochen hindurch auf den Korallenriffen des Rothen Meeres. 1888 lernte ich durch die Güte des Herrn Dr. Murray in Edinburg die Sedimente und Untersuchungsmethoden der Challengerexpedition kennen, und dredgte mit ihm an der Schottischen Westküste. Darauf untersuchte ich das Litoral von Arran, und an der Nordküste von Irland. Im Winter 1888/9 durchstreifte ich Ostindien von Radjputana bis zum Gangesdelta, und vom Himalaja bis Pt.-de-Galle um Laterit, Regur, Deltasedimente, und Korallenriffe in der Palkstrasse, zu untersuchen. 1890 studirte ich die Glazialerscheinungen im Gebiet des Aargletschers. 1891 bereiste ich das Geysirgebiet des Yellowstone-Parkes, die Wüsten von Utah,

Arizona, Neu-Mexiko und Westtexas, und beschäftigte mich mit dem Problem der Thalbildung am Coloradocañon und Niagara. Durch die Güte der Herren Prof. A. Agassiz und Davis konnte ich die Sedimente des Pourtales-plateaus und des Golfes von Mexiko im Harvard-Museum zu Cambridge durchsehn.

Für meine mehrjährigen systematischen Literaturstudien standen mir die Bibliotheken der Universität und der Naturwissenschaftlichen Institute in Jena zur Verfügung; ausserdem danke ich Herrn Hofrath Perthes zu Gotha und Herrn Geh. Rath Neymayer zu Hamburg, welche mir die Bibliotheken des Geographischen Institutes und der Deutschen Seewarte mit grosser Liberalität öffneten, den Herren Professoren Haeckel und Kalkowsky in Jena, Credner in Leipzig, sowie vielen anderen Fachgenossen und Freunden, für ihre sachkundige Hilfe und manchen guten Rath bei der Ausarbeitung dieses Werkes.

Indem ich jetzt nach zehnjähriger Arbeit einen Abschluss aller dieser Studien suche, bin ich mir wohl bewusst, dass meine Arbeit fragmentarisch ist, und als Fragment veröffentlicht wird.

Allein ich habe mir noch andere Aufgaben gestellt, und muss ein Ende dieser einleitenden Studien finden.

Möchten die Fachgenossen alle Lücken und Mängel meines Buches nachsichtig beurtheilen; möchte es, trotz derselben, dem aufnehmenden Geologen ein nützlicher Begleiter, dem Lernenden ein Wegweiser sein.

Jena, im Mai 1893.

Der Verfasser.

I. Die Aufgaben und Methoden der Geologie.

Aus den Kosmogenien des Alterthums hat sich der Inhalt der neueren Geologie langsam und allmählig entwickelt; und es war verhängnissvoll für den Verlauf dieser Entwicklung, dass die Frage nach der Entstehungsgeschichte der Erde schon zu einer Zeit aufgestellt wurde, wo die Frage nach dem geologischen Bau der Erdrinde in dem Kreis wissenschaftlicher Erörterungen noch keinen Platz gefunden hatte. Indem man ein Ziel zu lösen bestrebt war, das nur auf sorgfältigster Beobachtung aufgestellt werden kann, musste jeder Lösungsversuch verfehlt nnd aussichtslos sein.

Deshalb dürfen wir den Anfang einer wissenschaftlichen Geologie erst da setzen, wo man begann die Erdrinde zum Gegenstand eingehender Untersuchung zu machen. Und so entwickelte sich die Geologie als eine beobachtende und beschreibende Wissenschaft, während die geogenetische Spekulation noch bestand, aber immer mehr an Werth verlor. In den „Systemen" der Vulkanisten, Neptunisten und Plutonisten sehen wir die letzten Ausläufer unkritischer Spekulation verknüpft mit den ersten Anfängen einer exakten Beobachtung. Als man anfing die Erdrinde wissenschaftlich zu untersuchen, bedurfte es einer einheitlichen Nomenklatur. 1756 erschien Lehmann's „Geschichte des Flötzgebirges", in welchem die Gesteine Deutschlands beschrieben und geordnet wurden. 1774 veröffentlichte Werner seine Schrift „Ueber die äusseren Kennzeichen der Fossilien"; und ausgerüstet mit den scharfen Diagnosen dieser und anderer Forscher begann man die Gesteine der Erdrinde zu beschreiben.

Es war die Zeit, wo auch die Mineralogie begann durch Beschreiben sich in der Fülle ihrer Objekte zurechtzufinden. Die Arbeit beider Wissenschaften war hier noch aufs engste verbunden, und so erschienen die ersten geologischen Karten unter dem Titel: Mineralogische Charte. So veröffentlichte Monnet 1780 einen „Atlas mineralogique de la France", und noch 1800 liess L. von Buch seine „Mineralogische Karte" von Schlesien erscheinen.

Die in den Felsschichten enthaltenen Versteinerungen, welche eine frühere Generation als curiose Naturspiele betrachtet hatte, wurden

in gleicher Weise bestimmt und benannt. Goldfuss und L. von Buch haben sich auf diesem Gebiet hervorragende Verdienste erworben, und eine grosse Schaar anderer Forscher hat ihr Werk weitergeführt.

Eine neue und überraschende Wendung gewann die geologische Arbeit durch den 1816 von Smith geführten Nachweis, dass die einander oft sehr ähnlichen, geschichteten Felsarten durch bestimmte Versteinerungen charakterisirt und unterschieden werden können. Quenstedt und Oppel mögen als diejenigen Geologen genannt werden, welche in Deutschland die Stratigraphie der Erdschichten und das System der Leitfossilien mit grossem Erfolge bearbeiteten; mit und nach ihnen wirkten eine Reihe berühmter Fachgenossen. Jetzt konnte die Fülle der Schiefer, Kalke, Mergel und Sandsteine in das System aufeinanderfolgender Formationen eingeordnet werden. Die geologischen Karten gewannen eine andere Gestalt, und wo man früher Kalk und Dolomit, Granit und Porphyr unterschieden hatte, da zeichnete man jetzt eine einheitlich gefärbte Formation ein.

Inzwischen erkannte man, dass die grossen Formationsabschnitte nicht nur durch verschiedene Fossilien, sondern auch durch ihre Lagerungsweise und ihren tektonischen Verband, selbst wenn Fossilien fehlten, getrennt werden können. Das Streichen und Fallen der Schichten, das man früher nur beiläufig berücksichtigt hatte, wurde von ungeahnter Wichtigkeit und die durch kühne Alpenforscher geförderte Analyse des Alpengebirges wurde der Ausgangspunkt für tektonische Arbeiten auf dem ganzen Erdenrund.

Wenn die beschreibende und die systematisch-anordnende Richtung die Frage nach der Bildungsgeschichte eines Gebirges, eines Landes unberührt lassen konnte, so drängte sich bei tektonischen Studien das genetische Prinzip ganz von selbst der Arbeit auf. Tektonische Störungen nicht nur geographisch zu verfolgen, sondern auch ihre zeitliche Aufeinanderfolge zu bestimmen, wurde ein schönes Ziel geologischer Arbeit.

Auf diese Weise wurde allmählig der Weg wieder vorbereitet, auf dem die Geologie ihre ersten vergeblichen Schritte gethan hatte. Die Frage nach der Beschaffenheit der Erdrinde wurde der Ausgangspunkt für das Problem nach der Geschichte der Erdrinde. Die lange Zeit als unexakt und unwissenschaftlich bei Seite gestellte „Erdgeschichte“ gewann wissenschaftliche Berechtigung, seitdem sie die Beobachtung zur Grundlage und zum Leitfaden ihrer Betrachtungen machte. Und so brach sich überall jene Richtung Bahn, welche die Geologie als eine historische Wissenschaft betrachtet. Durch die sorgfältigen Studien der Petrographen sind uns die Eruptivgesteine heute nicht mehr blose Aggregate von Mineralien, sondern bestimmte Erstarrungsmodifikationen vulkanischer Laven. Die Schichtgesteine sind uns nicht mehr nur Horizonte von bestimmten Eigenschaften, sondern verhärtete Sedimente fossiler Meere. Die Versteinerungen sind nicht allein Leitfossilien von bestimmter Form, sondern die Ueberreste gestorbener Organismen.

Keine der anderen Richtungen und Arbeitsweisen wird durch diese neuen Probleme entbehrlich gemacht. Mineralogie und Petrographie, Paläozoologie und Paläophytologie, Stratigraphie und Geotektonik sind nach wie vor die grundlegenden Disciplinen, aber

der Forschungsinhalt hat sich erweitert, die Einsicht vertieft, das Ziel erhöht. Neue Aufgaben und Probleme treten zu den bestehenden heran nnd verlangen neue, besondere Methoden der Forschung. Auf vielverschlungenen Pfaden haben sich diese verschiedenen Arbeitsweisen nacheinander und nebeneinander entwickelt, und je mehr man sich vertieft in die inneren Znsammenhänge der verschiedenen Richtungen, desto schwieriger erscheint es, dieselben in einer gegebenen Abhandlung zu unterscheiden und zu trennen. Denn der Weg, welchen die Geologie im Laufe ihres hundertjährigen Bestehens durchlaufen hat, findet nun bei jeder geologischen Untersuchung eine überraschende Wiederholung. Jede Einzelarbeit muss dieselben Stadien in kurzen Etappen durchlaufen, die einst von der Wissenschaft als solcher zurückgelegt worden sind — es ist ein palingenetischer Vorgang.

Wenn wir also, wie wir es für die allgemeinen Phasen in der Geschichte der Geologie angedeutet haben, auch die einzelnen Probleme, die verschiedenen Aufgaben, welche in einer geologischen Einzelarbeit zum Ausdruck kommen, einmal kritisch auseinanderlegen und einander methodisch gegenüberstellen wollen, so kann es uns nicht entgehen, dass sich die geologische Arbeit in dreifacher Richtung bethätigt.

Die Untersuchung beginnt damit, dass man die Gesteine, welche die Erdrinde aufbauen, nach Zusammensetzung, Lagerung und Fossilgehalt beschreibt. Das Gebiet solcher descriptiver Arbeit lässt sich willkürlich begrenzen. Man kann eine vereinzelte Bergkuppe oder ein politisch abgegrenztes Land geologisch beschreiben, ohne dabei inneren Schwierigkeiten zu begegnen. Diese descriptive Richtung in der Geologie wird als Geognosie besonders unterschieden.

Eine zweite Weise geologischer Arbeit vergleicht die Profile der einen Stelle mit anderen ähnlichen Profilen, in der Absicht, die „normale“ Aufeinanderfolge der Schichten (Horizonte) und der darin enthaltenen Versteinerungen (Leitfossilien) festzustellen. Diese einordnende Richtung, welche als Stratigraphie oder Formationslehre bezeichnet wird, ist systematischer Natur. Ausgehend von dem Grundsatz, dass ein gegebener geologischer Horizont über die Erde hinweg verfolgt, und überall durch dieselben Fossilien wieder erkannt werden könne, stellt sich die systematische Geologie oder Formationslehre die Aufgabe, die normale Aufeinanderfolge aller geologischen Schichten und der darin enthaltenen leitenden Fossilien festzustellen. Die Formationslehre lässt sich nicht mehr auf ein geographisches Gebiet beschränken. Dagegen sind ihrer erfolgreichen Arbeit andere geologische Grenzen gezogen. Die Trias von Thüringen lässt sich mit der von Hessen vergleichen, und die Mehrzahl der Stufen in der einen Ausbildung kann in der anderen wiedererkannt werden. Aber die Absicht, alle mitteldeutschen Triashorizonte in der Trias des Himalaja wiederzusehen, stösst auf ebensolche Schwierigkeiten wie der Versuch, die obertriasischen Schichten von Südtirol mit den Leitfossilien des mitteldeutschen Keupers zu gliedern.

Hat der Geologe ein gegebenes Gebiet petrographisch und paläontographisch beschrieben, die vorhandenen Schichten stratigraphisch gegliedert und die Leitfossilien bestimmt, so tritt schliesslich an ihn als dritte Aufgabe heran, die beobachteten Erscheinungen geschichtlich

zu erklären. Die Geologie als historische Wissenschaft wird neuerdings vielfach als **Erdgeschichte** bezeichnet.

Die Geologie als historische Wissenschaft stellt sich das Ziel: die Geschichte der Erde zu ergründen, die Vertheilung von Meer und Festland, von Ebene und Gebirge, von Klimazonen und thiergeographischen Regionen in früheren Erdepochen zu erkennen. Ihr sind keine willkürlichen Grenzen zu ziehen; aber auch die geologischen Grenzen, welche die Gliederungen der Formationslehre regional beschränken, dürfen das Arbeitsfeld der Erdgeschichte nicht bannen. Während die Stratigraphie bei der Behandlung der Trias auf die Gegensätze zwischen deutscher und alpiner Ausbildung hinzuweisen und dieselben gegenüber zu stellen sich bemüht, sucht die Erdgeschichte das Gemeinsame der beiden Provinzen zu erfassen und die Zusammenhänge gleichzeitiger Absätze in verschiedenen Meerestheilen, gleichzeitiger Faunen von verschiedener Zusammensetzung nachzuweisen.

Der Geologe ist bei seiner Arbeit von der Beschreibung lokaler Verhältnisse ausgegangen; indem er seine Profile stratigraphisch gliedert, greift er über sein Arbeitsgebiet hinaus in das umgebende Land; und wenn er historisch erklärt, so überschaut er von der Warte eines höheren Standpunktes die reichen und mannichfaltigen Beziehungen, welche sein kleines Arbeitsgebiet an die grosse, vielgestaltige Erdenwelt knüpfen und erweitert seinen Einblick zu einer umfassenden Uebersicht. Die Geologie als historische Wissenschaft kann nicht für sich bestehen, denn die beschreibende Geognosie und die systematische Formationslehre sind die nothwendigen Grundlagen, deren sie nicht entbehren kann. Der Geologe gleicht dem Titanen Antäos, der nur so lange seine Kraft besass, als er noch die mütterliche Erde berührte.

Der dreifachen Aufgabe geologischer Forschung sucht man auf verschiedenen Wegen und unter Zuhilfenahme verschiedener Wissenschaften gerecht zu werden. Und wenn wir die bei jeder erfolgreichen Arbeit nothwendigen Problemgruppen als: Richtungen, die dabei einzuschlagenden Forschungswege als: Methoden, die hierfür nothwendigen verwandten Disciplinen als: Hilfswissenschaften einmal künstlich auseinanderlegen und von einander scheiden wollen, so ergiebt sich folgendes Bild:

I. **Die Geologie als beschreibende Wissenschaft** bedarf der **Physik**, um die Farbe und Härte eines Gesteines, der **Chemie**, um seine molekulare Beschaffenheit, der **Mineralogie**, um seine krystallisirten Bestandtheile, der **Petrographie**, um das Gefüge der letzteren zu untersuchen. Mit Hilfe der **Zoologie**, **Botanik** und **Paläontologie** bestimmt und beschreibt man die organischen Einschlüsse, und die **Histologie** lehrt uns deren mikroskopischen Eigenschaften kennen. Alle diese Hilfswissenschaften bieten dem Geologen, so lange er beschreibt, ihre Untersuchungsmethoden und ein reiches Vergleichsmaterial, welches ihn in den Stand setzt, geognostisch zu forschen.

II. **Die Geologie als systematische Wissenschaft** ordnet die Aufeinanderfolge der vorher beschriebenen Schichten. Die Formationslehre kann daher keine der genannten Wissenschaften entbehren. Zu ihnen gesellt sich die **Tektonik** mit besonderen Axiomen und Gesetzen.

III. Während die Geognosie beschreibt, die Formationslehre ordnet, ist die Erdgeschichte eine erklärende Disciplin; und daher bedarf die Geologie als historische Wissenschaft anderer Methoden und anderer Hilfswissenschaften, um ihr hohes Ziel zu erreichen. Es sind vornehmlich vier Wege und Methoden, welche dem forschenden Geologen erlauben, einen Blick zu thun in die Vorgeschichte unserer Erde, und die einzelnen Phasen derselben zu ergründen:

Die erste ist die astrophysische Methode. Lange bevor sich unser Planet eine erstarrte Rinde bildete, welche der Schauplatz aller folgenden geologischen Veränderungen, der Wohnsitz von Pflanzen und Thieren und unseres eigenen Geschlechtes werden sollte, war die Erde ein Stern, der sich nach den urewigen Gesetzen, welche das Himmelsgewölbe beherrschen, um die Sonne drehte. Alle Bildungsstufen, welche unsere Erde während dieser Zeit durchlief, können nur mit Hilfe astronomischer Untersuchungen und physikalischer Spekulation studirt werden. Und wie ein Erbstück aus jener Zeit erscheinen uns jetzt noch die Erdbeben, Dislokationen und Vulkane. Auch die Probleme der Oszillation und Transgression knüpfen sich an astrophysische Thatsachen und Betrachtungen an.

Als zweite treffen wir die tektonische Methode. Wenn die Tektonik schon in der Formationslehre eine bedeutsame Rolle spielte, so gewinnt sie doch in der Erdgeschichte eine noch grössere Bedeutung. Astronomie und Physik erklären uns die Geschichte der Erde bis zur Bildung einer festen Erstarrungsrinde; sie enthüllen uns die Ursachen jener Vorgänge, welche Faltengebirge aufthürmen, Kesselbrüche in die Tiefe senken und Vulkane aufschütten. Die Tektonik zeigt uns das mechanische Gefüge der Erdrinde; sie setzt uns in den Stand, die nachträglich verschobenen Erdschollen zu reponiren, die Verbreitung der Transgressionen zu erkennen, Horste von Inseln zu unterscheiden, und den Verlauf abgetragener Faltengebirge ebenso festzulegen, wie die Narben denndirter Vulkane.

Um noch genauer die Vorzeit unseres Planeten zu enträthseln und die Wirkungen geologischer Vorgänge ursächlich zu erkennen, bedient man sich der Experimentalmethode. Die glänzenden Erfolge, welche Chemie, Physik und Mineralogie dadurch errungen haben, dass sie das Experiment zum Prüfstein jeder theoretischen Betrachtung erwählten, war die Veranlassung, dass man diese Methode auch auf die Geologie übertrug, und die grossen geologischen Vorgänge im Laboratorium zu wiederholen suchte. Das Resultat eines geologischen Versuches ist exakt und beweiskräftig für die Bedingungen, unter denen der Versuch angestellt wurde, ist also von physikalischer oder chemischer Seite unanfechtbar. Allein indem wir den Laboratoriumsversuch auf die Erdgeschichte übertragen, und aus der Aehnlichkeit der Wirkung auf die Gleichheit der Ursachen schliessen, verlassen wir den sicheren Boden exakter Beweisführung.

Versuch und geologischer Vorgang sind oftmals incommensurabele Grössen; verschiedene Ursachen können die gleiche Wirkung erzielen; und das an sich einwandfreie Experiment gewinnt den Charakter einer Hypothese, indem wir es geologisch verwerthen. Die Experimentalmethode ist also an sich noch nicht beweiskräftig, sie bedarf einer weiteren Ergänzung, wenn wir mit Erfolg historisch forschen wollen.

Man kann Kohle erzeugen durch Erhitzung von Holz, durch langandauernde Reibung, durch Druck, durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Cellulose, durch Verbrennen von Terpentinöl, und andere Experimente. Jeder dieser Versuche ist an sich gleich exakt und gleichwerthig, allein wenn es sich um die Bildung der Kohlenlager handelt, müssen wir uns entscheiden, welcher Versuch erklären soll. Man kann ein Faltengebirge mit plastischen Thonplatten ebenso erzeugen durch Seitenschub, wie durch eine hebende Bewegung — in beiden Fällen ist der Versuch für sich einwandsfrei, und doch kann nur das eine von beiden richtig sein.

Um also aus der Zahl der durch Versuche uns zur Erklärung disponibelen Vorgänge die richtige Wahl zu treffen, bedarf es noch eines anderen Hilfsmittels, wenn wir exakte, endgiltige Resultate gewinnen wollen.

Mit Recht weist KEILHAU[1]) darauf hin: Es liegt in der Natur der Sache, dass wir wohl nie von den ephemeren Experimenten unserer Laboratorien vollkommene Aufschlüsse über die säkularen Veränderungen ganzer Gebirgsmassen erwarten dürfen, sondern diese hauptsächlich in der geologischen Beobachtung suchen müssen. Und ZIRKEL[2]) bestimmt den Wirkungskreis der experimentalen Methode in seiner Rektoratsrede: Wo es sich um die genetische Erkenntniss einer abgeschlossenen, früher erfolgten Thatsache handelt, da ist diejenige Erklärung die befriedigendste, welche in den aktiven, vor unseren Augen sich abspielenden geologischen Phänomenen die meisten Analogien findet. Und diese Prozesse, die noch jetzt auf der Erdoberfläche vor sich gehen, in mancher Hinsicht die modifizirte Fortsetzung der früheren, sie sollten gleichsam die Schule des Experimentators bilden, wo er die Versuche studirt, welche die Natur hier gewissermassen eigenhändig zu seinem Besten vornimmt. So unterrichtet, darf er daran gehen Versuche zu ersinnen und zu leiten, welche sich heutigen Tages wenigstens offenbar vor unseren Blicken überhaupt nicht wiederholen, sondern als einzigen Zeugen ein Endergebniss hinterlassen haben, das keine Spur der vermittelnden Thätigkeit mehr bewahrt, wodurch es hervorgebracht wurde.

Diese vierte Art geologischer Erklärungsversuche, die man gewöhnlich als Aktualismus bezeichnet, wollen wir die ontologische Methode[3]) nennen. Sie besteht darin, dass wir aus den Erscheinungen der Gegenwart die Vorgänge der Vergangenheit zu ergründen suchen. Aus dem Sein erklären wir das Werden.

So wie die historisch erklärende Betrachtungsweise eines geologischen Problems erst dann eintreten kann, wenn die beschreibende und systematische Arbeit mit aller Sorgfalt beendet ist, so schliesst sich die ontologische Methode als letzte an die früher geschilderten Wege geologischer Arbeit an. Es bleibt jedem Forscher unbenommen,

1) KEILHAU, N. Jahrb. f. Min. 1841. S. 125 Ref.

2) ZIRKEL, Das Experiment in der Geologie. Leipzig 1885. S. 25.

3) In der Philosophie und Theologie hat das Wort „Ontologie“ eine etwas andere Bedeutung, als die ist, welche wir ihm hier beilegen. Allein, da das Wort sinngerecht ist, und die Geologie keine theoretischen Berührungspunkte mit diesen Wissenschaften hat, glaubte ich diese Bezeichnung einführen zu dürfen.

seine Arbeit mit der Beschreibung oder der stratigraphischen Einordnung abzuschliessen — wenn er aber historisch erklären will, muss er zuerst beschrieben und geordnet haben; und selbst die ontologische Methode kann ohne Tektonik und ohne Experiment nur unvollkommene Ergebnisse bringen.

Die Entstehung erloschener Vulkane erschliessen wir, indem wir die Bildung thätiger Vulkane beobachten; die Geschichte eines fossilen Korallenriffes ergründen wir, indem wir lebende Korallenriffe untersuchen; und die Meerestiefe, in welcher eine fossile Austernbank gebildet worden ist, erkennen wir, wenn wir vergleichen in welchen Tiefen die Gattung *Ostrea* heutzutage lebend gefunden wird.

In vielbändigen Zeitschriften, grossen Monographien und zahlreichen Abhandlungen verstreut ist das Material, welches uns in den Stand setzt, die ontologische Methode auf die Probleme der Geologie anzuwenden; und die Schwierigkeit, die betreffenden Literaturangaben zu finden, entschuldigt es, dass viele Fragen der Erdgeschichte kaum in Angriff genommen worden sind.

Während es an Hilfsbüchern nicht fehlt, in denen die astrophysischen, tektonischen und experimentalen Fragen für geologisch-historische Probleme vorbereitet und angewandt werden, besitzt unsere Literatur kein Buch, in dem das zusammengestellt ist, was die erfolgreiche Handhabung der ontologischen Methode, selbst in den am häufigsten vorkommenden Fragen, ermöglicht.

Der Geologe will in erster Linie die Bildung der Gesteine, in zweiter Linie die Bedingungen, unter denen die fossilen Organismen gelebt haben und gestorben sind, beurtheilen können, und doch ist noch keine Zusammenstellung der einschlägigen Thatsachen vorhanden. Diesen Zweck soll vorliegendes Werk erfüllen. Seine Ueberschrift hätte daher auch vielleicht lauten können: „Materialien zur Handhabung der ontologischen Methode.“ Es ist der Versuch einer Einleitung, nicht in die gesammte Geologie, sondern nur in die Geologie als historische Wissenschaft.

II. Zur Geschichte der ontologischen Methode.

Die ontologische Methode ist so alt wie die wissenschaftliche Geologie. Die wichtigsten Fortschritte der Erdgeschichte sind mit ihr erkämpft worden. Jahrhunderte hindurch hatte man die Versteinerungen als misslungene Schöpfungsversuche, als seltene Naturspiele betrachtet. Da zeigte um das Jahr 1500 Lionardo da Vinci, dass die versteinerten Muscheln die Ueberreste ausgestorbener Meeresgeschöpfe seien, denn sie glichen in allen Theilen jenen Muscheln, welche man heute noch am Meeresstrande aufliest. Und welche Fülle von Erkenntnissen hat seit jener Zeit die Paläontologie dadurch zu Tage gefördert, dass sie die versteinerten Reste nach den unverweslichen Theilen lebender Thiere beurtheilt.

Es scheint uns heute selbstverständlich, dass die versteinerten Thiere in das System der lebenden Fauna eingeordnet werden, allein es hat harte Kämpfe gekostet bis die ontologische Methode Sieger blieb. Das vielgerühmte Gesetz von der Correlation der Organe fusst einzig und allein auf einem sorgfältigen Studium der lebenden Thierorganisation und ist nur eine spezielle Anwendung der ontologischen Methode.

Aus den Kosmogenien der heiligen Bücher hat sich die wissenschaftliche Erdgeschichte entwickelt, und wenn wir Umschau halten und die Geschichte der Geologie betrachten, so sehen wir überall die ontologische Methode als siegreiche Waffe in der Hand genialer Männer. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier eine Geschichte unserer Wissenschaft zu schreiben; nur einige lehrreiche Beispiele wollen wir herausgreifen: 1740 veröffentlichte Lazaro Moro ein Werk de „crostacei e degli alteri marini corpi che si trovano su monti“ und fand in Generelli einen begeisterten Anhänger, welcher 1749 vor der Akademie zu Cremona die Ansichten seines Lehrers auseinandersetzte. Generelli sagte hier, dass man die Geschichte der Erde „senza violenze, senza finzioni, senza supposti, senza miracoli“, nur aus den Erscheinungen der Gegenwart erklären dürfe.

Nach dem Zeugniss von LYELL[1]) ist „HUTTON der erste gewesen, welcher mit allen hypothetischen Ursachen der Erdbildung aufräumte und die früheren Veränderungen der Erdoberfläche ausschliesslich auf natürliche Vorgänge gründete."

Man könnte daraus schliessen, dass HUTTON das Prinzip der ontologischen Methode zuerst erkannt und zuerst angewandt habe, allein das letztere ist nicht der Fall. PLAYFAIR[2]) sagt zwar: „HUTTON liess sich bei seinen Untersuchungen leiten durch den philosophischen Grundsatz causam naturalem et assiduam quaerimus, non raram et fortuitam, und so bietet uns seine Theorie ein System weiser und vorsichtiger Selbstbeschränkung, in welchem dieselben Kräfte immer in Thätigkeit sind." Und auf S. 289 sagt er: „so müssen wir die Thätigkeit der Kräfte enthüllen, welche wir zu sehen gewohnt sind, aus den Wirkungen, welche eine unbekannte und ausserordentliche Ursache vermuten lassen."

Allein, wenn wir von der Erklärung der Konglomerate durch die Bewegung der Meereswellen am Strande und ähnlichen Einzelheiten absehen, ist bei HUTTON die Aufstellung hypothetischer Erklärung, losgelöst von aktuell beobachteten Erscheinungen, ebenso nachzuweisen wie bei seinen so heftig bekämpften Gegnern, WERNER, KIRWAN u. A. Und wenn HUTTON den Absatz aller geschichteten Gesteine, einschliesslich der Steinkohlen, im Meere sieht, wenn er am Meeresgrund durch die aufsteigende Erdwärme die Sandsteine zusammenfritten, die Septarien zerspringen und Salzkrystalle zu kompaktem Steinsalz zusammenschmelzen lässt, so stehen ihm hierfür weder Experimente, noch aktuell beobachtete Erscheinungen zur Verfügung.

Viel höheren Werth müsste man in dieser Hinsicht den Versuchen GOETHE's Bedeutung beilegen, welcher im Ziegelofen zu Zwätzen bei Jena eine ganze Reihe von Gesteinen erhitzen liess, um die Kontaktwirkung vulkanischer Wärme zu studiren.

Das Verdienst, die ontologische Methode in ihrer Bedeutung für die Geologie klar erkannt und die ersten methodischen Arbeiten in dieser Richtung veranlasst zu haben, gebührt der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, welche[3]) im Jahre 1818 als Preisaufgabe stellte: „Die gründlichste und umfassendste Untersuchung über die Veränderungen der Erdoberfläche, welche in der Geschichte sich nachweisen lassen und die Anwendung, welche man von ihrer Kunde bei Erforschungen der Erdrevolutionen, die ausser dem Gebiete der Geschichte liegen, machen kann.

Vier Jahre später erschien als preisgekrönte Arbeit der erste Band einer „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche" von KARL ERNST ADOLF VON HOFF[4]).

---

1) LYELL, Principles of Geology, 1872, I, S. 73.

2) Explication de PLAYFAIR sur la Théorie de la Terre par HUTTON, übersetzt von BASSET, Paris 1815, S. 390.

3) Göttinger gel. Anzeigen. 1818, Nr. 205.

4) KARL ERNST ADOLF VON HOFF wurde geboren zu Gotha am 1. November 1771, studirte von 1789 in Jena und Göttingen Rechtswissenschaft und wurde durch BLUMENBACH für die Geologie interessirt. Er widmete sich der diplomatischen Laufbahn, unterzeichnete 1806 als Gothaischer Gesandter die Rheinbundakte, wohnte 1808 dem Congress in Erfurt bei, und unterzeichnete 1813 in Frankfurt a. M. den Beitritt Gothas zum Deutschen Bund. 1817 war er bei der Reform

Der zweite Band erschien 1824, der dritte 1834, ein vierter und der letzte Band erschienen 1840/1 nach dem Tode des Verfassers.

Nach den zeitgenössischen Berichten zu urtheilen, machte das Buch wenig Aufsehen. von Hoff vertheidigte sich gegen eine in der Zeitschrift Hermes[1]) erschienene Kritik mit einer Antikritik in der Jenaischen Literaturzeitung[2]). Dass das Buch aber in manchen Kreisen viel besprochen wurde, geht aus einer Bemerkung von Goethe[3]) hervor, welcher schrieb: Hier liegt ein Schatz, zu welchem man immer etwas hinzuthun möchte, indem man sich daran bereichert.

Wenn wir heute, nachdem die Wissenschaft 70 Jahre weiter vorgeschritten ist, das von Hoff'sche Werk zur Hand nehmen, so müssen wir staunen über das zielbewusste Streben, von dem es Rechenschaft giebt. von Hoff hatte nicht nur erkannt, welch' hohe Bedeutung die ontologische Methode für den Fortschritt der Geologie habe, er zog auch den folgerichtigen Schluss, dass man jene Methode nur dann handhaben könne, wenn die geologischen Vorgänge der Gegenwart jedem Forscher in handlicher Sammlung zu Gebote ständen. Mit folgenden Worten bestimmt er seine Aufgabe:

Wir[4]) müssen vor allen Dingen untersuchen, ob die jetzt vor den Augen des Menschengeschlechtes wirkenden Naturkräfte und insbesondere die Art, wie sie wirken, nicht schon allein und nur mit Ausdehnung ihrer Wirksamkeit durch grosse — sehr grosse Zeiträume hinreichend gewesen sein möchten, die äusseren Formen der Erdoberfläche und einen bedeutenden Theil der die oberste Rinde bildenden Massen so hervorzubringen und auszubilden, wie man sie jetzt findet? — oder ob es wirklich nothwendig ist, ausserdem noch plötzliche, weitverbreitete und ausserordentliche Revolutionen von einer Art, von welcher in der geschichtlichen Ueberlieferung keine Spuren mehr vorkommen, anzunehmen, um darauf nach der Weise der meisten Geologen Systeme der Erdbildung zu gründen? — Systeme, bei welchen man gewöhnlich Sparsamkeit nur übt an den ohne Maass zu Gebote stehenden Zeiträumen der Vergangenheit, und dagegen die überall in der Natur nach

---

der Universität Jena betheiligt und seit 1832 stand er als Geheimer Konferenzrath an der Spitze der wissenschaftlichen und Kunstsammlungen von Gotha. Während eines Aufenthaltes in Berlin 1807 entstand in der Havel eine neue Insel, und durch eingehende Beschäftigung mit diesem Problem wurden seine Forschungen auf das Studium der historisch nachweisbaren Veränderungen der Erdoberfläche hingelenkt. Zur selben Zeit stellte die Göttinger Gesellschaft der Wissenschaft eine Preisaufgabe gleichen Sinnes, welche Karl von Hoff durch sein 1822—1841 erschienenes Werk: „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche" löste. Ausser diesem fundamentalen Werk schrieb er u. A. folgende Bücher: Das Deutsche Reich vor der Franz. Revolution und nach dem Frieden von Luneville. 2 Bde. Gotha 1801—5. Gemälde der physischen Beschaffenheit, insbesondere der Gebirgsformationen von Thüringen. Erfurt 1812. Geognostische Bemerkungen über Karlsbad. Gotha 1825. Höhenmessungen in und um Thüringen. Gotha 1833. Von 1801—1816 gab er den Gothaischen Hofkalender heraus. Karl von Hoff starb am 24. Mai 1837.

1) Hermes, 1823, Nr. XVIII, S. 89.

2) Jen. Literaturzeitg, Intelligenzblatt 1823, Nr. 54, S. 426.

3) Annalen oder Tages- und Jahreshefte 1822.

4) Geschichte der Natürl. Ver. I., S. 26.

strengen Gesetzen gemessenen und gewogenen Kräfte und ihre nicht minder gemessenen Wirkungen mit verwegenen Händen zu steigern bemüht ist und sie ohne Maass vergeudet.

In der Vorrede zum zweiten Bande sagt er über den Inhalt seines Werkes: Um meine Arbeit zu einem Ganzen zu bilden, musste ich gewisse, mir natürlich scheinende Gesichtspunkte für die zusammengestellten Thatsachen auffassen, denn ohne diese würde das Verzeichniss dieser Thatsachen als ein ganz geistloser Körper dagestanden haben.

Und wahrlich, grosse Gesichtspunkte und sorgfältige Spezialforschung sind die hervortretenden Charaktere seines Werkes.

Wir können heute KARL VON HOFF nicht gerecht werden, wenn wir nicht im Auge behalten, welche Probleme die damalige Geologie bewegten und andererseits wie lückenvoll die Kenntniss des Meeres und seiner Organismen damals war. Wenn wir solches bedenken, dann verstehen wir auch, warum VON HOFF wohl alle vulkanischen Ausbrüche, alle ihm bekannten Erdbeben, alle Abrasionserscheinungen und Strandverschiebungen registrirt, und dagegen über Sedimentbildung, über die Erstarrung vulkanischer Laven oder über die Lebensverhältnisse der marinen Tierwelt so wenig Angaben bringt.

Für die Probleme, welche die Gegenwart bewegen, wird der forschende Geologe nicht viel verwerthbare Angaben bei KARL VON HOFF finden. Wenn wir aber sein Werk im Rahmen seiner Zeit betrachten, dann müssen wir den genialen Geist dieses Mannes bewundern.

Mein vorliegendes Buch ist weiter nichts als eine moderne Bearbeitung der Aufgabe, welche sich auf Anregung der k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vor 70 Jahren KARL VON HOFF gestellt hatte; und ich betrachte es als eine Pflicht der Dankbarkeit, wenn ich seinen Namen auf das Widmungsblatt meines Buches schreibe.

Die „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche" gewann keinen Einfluss auf den Gang der Wissenschaft, sie bereitete aber in Deutschland den Boden vor für LYELL's Principles of Geology, welche 1830 zuerst erschienen und jenen Erfolg errangen, den KARL VON HOFF vergeblich erwartet hatte.

LYELL wandte in diesem Buch die ontologische Methode mit solchem Geschick und so grossem Erfolge an, dass sich seitdem der „Aktualismus" an seinen Namen knüpft. Wir dürfen zwar nicht sagen, dass er der Begründer der ontologischen Methode war, jedenfalls müssen wir ihn aber als den bedeutendsten Vertreter dieser Richtung bezeichnen.

Es ist eine seltsame Thatsache, dass LYELL in seiner Geschichte der Geologie zwar KARL VON HOFF bei Besprechung des Kaspischen Meeres citirt, aber nirgends die epochemachende Bedeutung des Mannes auch nur andeutet.

Umsomehr muss es uns freuen, wenn A. GEIKIE[1]) folgendes schreibt: It was reserved for a foreign scientific Society to recall the thoughts of men to the revolutions which the land had nndergone within the time of human chronicles, and for the illustrious VON HOFF to gather the historical evidence of these revolutions — a task which has since been so worthily followed up and extended by LYELL.

1) A. GEIKIE, Life of Sir Rod. Murchison. London 1875, I, S. 110.

Kaum eine grössere geologische Frage ist in unserem Jahrhundert diskutirt worden, ohne dass die ontologische Methode eine befriedigende Lösung des Streites herbeiführte.

Gegenüber der Theorie der Erhebungskrater von L. VON BUCH zeigten SCROPE und PREVOST durch das Studium thätiger Vulkane, dass die Neigung der Tuffschichten eine ursprüngliche sei.

Die Petrodilaunische Fluth, welche die erratischen Blöcke von Skandinavien nach Deutschland gebracht haben sollte, wurde durch das Studium jetziger Gletscher widerlegt; und selbst in dem letzten Kampf zwischen Drifttheorie und Inlandeistheorie ist das Studium des nordischen Binneneises der Ausgangspunkt richtiger Auffassung geworden.

Wohin wir in der neueren Geschichte geologischer Probleme blicken, überall sehen wir die glänzenden Erfolge, welche die ontologische Methode errungen hat. Sie allein hat es veranlasst, dass die Paläontologie der Zoologie die Hand reichte, dass die Geologie und die Geographie sich in vielen Berührungspunkten vereinigen. Und was kühne Forschungsreisende aus den Urwäldern Centralafrikas oder den Eiswüsten Grönlands berichten, was maritime Expeditionen aus den Abgründen der Tiefsee heraufbringen, und was die wissenschaftliche Meteorologie erforscht — Alles wird der Geologie dienstbar gemacht. Der Geologe kann keine Reisebeschreibung, keine botanische oder zoologische Zeitschrift zur Hand nehmen, ohne überall Materialien zu finden, welche für die Lösung erdgeschichtlicher Fragen von Bedeutung sind.

III. Die Wege der ontologischen Methode.

Der Geologe tritt an die unbelebte Natur heran mit der Absicht, die unabsehbare Fülle von einzelnen Thatsachen geistig zu beherrschen. Und da es ebenso unmöglich wie unbefriedigend sein würde, jede Einzelheit, jedes Profil und jedes Fossil in Wort und Bild darzustellen, sucht man die einzelnen Thatsachen zu Thatsachengruppen zu vereinigen und die Summe der Erscheinungen unter Gesichtspunkten zusammenzufassen.

Ausgestattet mit einer kunstvollen Nomenklatur beschreiben wir die hervorstechenden Merkmale eines Fossils und bilden eine Spezies, fassen wir verwandte Formen zur Gattung zusammen.

Wir beschreiben ein gut aufgeschlossenes Profil, und das zuerst beschriebene dient als Normalprofil für alle folgenden, später untersuchten Aufschlüsse.

So beschreiben und ordnen wir die Einzelheit unter höhere Werthe.

Das Kausalbedürfniss macht sich geltend, und zu dem Wunsche, die Natur zu kennen, tritt das tiefe Streben nach kausaler Erkenntniss. Wir suchen zu erklären.

Aber wo sollen wir beginnen? welche Erscheinungen versprechen die werthvollsten Aufschlüsse? was dünkt uns am wichtigsten?

Die Antwort auf diese Fragen wird verschieden ausfallen, je nach den persönlichen Neigungen des einzelnen Forschers. Während der Eine die Entstehung der technisch so wichtigen Kohlenlager erklären möchte, interessirt den Anderen mehr die Entstehung eines Dreikanters. Wenn Dieser die Frage nach den Vorfahren der Ammoniten für das brennende Problem hält, überwiegt bei Jenem das Interesse für den prähistorischen Menschen.

Wenn man es unternehmen wollte, alle diejenigen Thatsachen zu sammeln, welche die Anwendung der ontologischen Methode für jedes auftauchende Problem ermöglichte, so würde ein Sammelwerk entstehen, welches die Kräfte eines Menschen unendlich überstiege, wenn überhaupt ein solches Werk möglich wäre.

Und selbst wenn man glauben könnte, dass alle hierfür verwendbaren Thatsachen beobachtet und beschrieben wären, so würde es eine unerfüllbare Aufgabe sein, alles das vielverstreute Material zu sammeln und so zu ordnen, dass es für jedes beliebige Problem angewandt werden kann.

Gründe allgemeiner und persönlicher Natur waren es also, welche mich bestimmten, mein Ziel enger zu begrenzen.

Wenn wir die Gegenstände geologischer Forschung, welche am häufigsten untersucht werden, die Probleme, welche am meisten dem aufnehmenden Geologen entgegentreten, für die wichtigsten halten dürfen, so beanspruchen die Entstehung der Gesteine und die Lebensumstände der versteinerten Meeresthiere unser grösstes Interesse.

Infolgedessen gliedere ich meinen Stoff in drei Theile. In dem einen Band behandeln wir die *Bildung der Gesteine*. Wir betrachten hier den gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche als einen geologischen Horizont. Alle gesteinsbildenden Vorgänge, von der Verwitterung im Hochgebirge bis zu den Sedimenten der Tiefsee, von der denudirenden Thätigkeit der Gletscher bis zu dem Aufbau von Koralleninseln, von den Salzlagern der abflusslosen Wüsten bis zu den Torfbildungen der Urwälder, wollen wir so zu schildern versuchen, als ob plötzlich die ganze Erdoberfläche fossil werden könnte und einem künftigen Geologen auf dem Querschnitt des Profils zur Untersuchung vorläge.

In einem zweiten Theil betrachten wir die *Lebensweise der Meeresthiere*. Wir sehen dieselben als werdende Fossilien an, und stellen das zusammen, was zur Erläuterung ihrer Lebensumstände nöthig erscheint. Da es den Geologen in erster Linie interessirt, in welcher Wassertiefe eine Thiergattung gelebt hat, so ist auf diese Seite des Vorkommens besonderes Gewicht gelegt. Eine Reihe von Fragen allgemeiner Art, über die Erhaltungsmöglichkeit einzelner Reste und über die geologische Beweiskraft der verschiedenen Gruppen schliesst sich daran.

In einem dritten Theil endlich schildern wir die Grundzüge einer *Bionomie*[1] *des Meeres*. Wir verstehen darunter die Lehre von den Wohnsitzen der marinen Organismen und die gesetzmässige Abhängigkeit ihrer Verbreitung von äusseren Umständen.

In der Mehrzahl der Fälle sind die geologisch erhaltenen Thiergenossenschaften weiter nichts als Meeresfaunen. Aber lückenhaft wie die Thierreste sind die Umstände ihres Lebens uns überliefert. Nur derjenige Geologe, welcher einen Einblick in die Zusammenhänge der marinen Lebensbezirke der Gegenwart gewonnen hat, wird im Stande sein, die versteinerten Ueberreste einer fossilen Lebensgenossenschaft zu beurtheilen und zu würdigen. Die Faktoren, welche dem organischen Leben im Meere schädlich sind, ebenso wie die nützlichen Existenzbedingungen bedürfen einer ausführlichen Besprechung, denn die einschlägigen Fragen spielen bei jeder geologischen Untersuchung eine massgebende Rolle.

Es würde dem Gang einer geologischen Arbeit besser entsprochen haben, wenn die drei Theile dieses Werkes in der angeführten Reihe

1) *ὁ βίος* das Leben, *ὁ νομός* der Wohnsitz und *ὁ νόμος* das Gesetz. Ich verdanke das Wort Herrn Prof. HAECKEL.

aufeinanderfolgten. Denn die Grundfrage ist: wo und wie hat sich das Gestein gebildet? Dann interessirt es uns zu wissen: unter welchen Bedingungen lebte die darin eingeschlossene fossile Fauna? und erst nach Behandlung dieser Probleme legen wir uns die Frage vor, in welchen bionomischen Beziehungen zur Aussenwelt stand die betreffende Faunengenossenschaft? Aber es ergab sich während der Ausarbeitung, dass man die Faunenbezirke des Meeres leicht schildern kann, ohne auf die systematisch getrennten Gruppen näher einzugehen; dass man die Lebensweise der Meeresthiere besprechen kann, ohne die Sedimente zu behandeln, in denen und auf denen sie leben; während die Sedimentbildung eine Fülle bionomischer Thatsachen voraussetzt, so dass man ohne diese keinen Einblick in die Vorgänge der Gesteinsbildung gewinnt. Deshalb wird der erste Band die Bionomie des Meeres enthalten. Der zweite Band schildert die Lebensweise der Meeresthiere und der dritte Band behandelt die Bildung der Gesteine. Dass hiermit die Fülle der Materialien für die Handhabung der ontologischen Methode nicht erschöpft ist, bedarf keiner ausführlicheren Begründung. Allein die Beurtheilung z. B. einer fossilen Insektenfauna oder einer Braunkohlenflora verlangt soviel Detailkenntnisse der gegenwärtigen geographischen Verbreitung der Fauna und Flora, dass eine derartige Vorarbeit nur dem Spezialisten möglich ist. Unsere Aufgabe konnte es nur sein, Material für die häufiger vorkommenden Probleme hier zu bieten.

Die Geologie als historische Wissenschaft hat allerdings als letzte höchste Aufgabe ein möglichst vollkommenes Bild von dem Zustand der Erdoberfläche in einem bestimmten Zeitabschnitt zu zeichnen. Nichts geschieht auf der gegenwärtigen Erdoberfläche, das nicht den physikalischen Zustand derselben veränderte, und dem sich bildenden Sediment seine Spur einprägte. Kein Felsblock kann sich im Hochgebirge ablösen, ohne den Bestand der Schutthalden zu verändern. Keine Auster entwickelt sich am Meeresgrund, ohne den Kalkgehalt der Sedimente zu vermehren, ja selbst kein weichhäutiger Wurm kann durch den Schlamm kriechen, ohne eine Spur zu hinterlassen. Diese Hieroglyphen zu entziffern, die halbverwischten Spuren zu deuten, aus dem Gewordenen die Kräfte des Werdens zu erschliessen, das ist der Weg der Erdgeschichte.

Aber wenn wir bedenken, wie schwierig, ja geradezu unmöglich es ist, die geographischen Zustände der heutigen Erdoberfläche, welche offen vor unseren Augen liegen, zu beobachten und zu beschreiben, so können wir die Schwierigkeiten ermessen, welche sich ergeben, sobald wir durch logische Schlussfolgerungen bemüht sind, frühere Zustände zu erkennen und dieselben darzustellen.

Und wenn sich die Geographie damit begnügt, anstatt jedes einzelne Faktum, jede Austernbank, jeden Wald, jeden Hügel und jeden See zu beschreiben — die gesetzmässigen Zusammenhänge verwandter Erscheinungen zu erkennen und das Wesentliche von dem Zufälligen zu scheiden, wievielmehr dürfen wir das Recht in Anspruch nehmen, bei der Schilderung vergangener Perioden nur die grossen Umrisse in den Zuständen der unorganischen Welt und in der Vertheilung der Organismen zu zeichnen.

Betrachten wir jetzt in kurzen Zügen den Gang einer erdgeschichtlichen Untersuchung, wie er durch das vorliegende Werk vorbereitet wird.

Wenn wir die Gesteine eines gegebenen geologischen Horizontes beschrieben, fossilführende Schichten untersucht, versteinerungsleere Bänke geprüft haben, ist die stratigraphische Analyse des Profils unsere erste Aufgabe. Wir bestimmen leitende Gesteine und leitende Fossilien, gliedern die vorhandenen Schichten in übereinanderliegende Abtheilungen und reihen das lokale Profil durch den Vergleich mit vorher beschriebenen Profilen und mit dem sogenannten „Normalprofil" ein in die gesetzmässige Folge der Erdschichten.

Jetzt tritt die Frage an uns heran, wo und unter welchen Umständen hat sich die betreffende Gesteinsreihe gebildet? auf die systematisch stratigraphische Beurtheilung folgt die historisch erklärende Diskussion. Wir sollen entscheiden, ob eine festländische oder marine Bildung, ob ein vulkanisches oder ein sedimentäres Gestein vorliegt. Darüber giebt die Lithogenie Aufschluss. An bestimmten petrographischen Merkmalen erkennen wir den vulkanischen oder sedimentären Ursprung, enträthseln wir, ob eine Süsswassersee- oder eine Delta-, eine Flachsee- oder Tiefseebildung zur Untersuchung gelangte. In dem lithogenetischen Index finden wir alle Stellen verzeichnet, an denen das betreffende bestimmte Gestein erwähnt wird und wo die Merkmale beschrieben werden, welche für eine lithogenetische Bestimmung massgebend sein können.

Zugleich knüpft sich hier das Problem nach der Herkunft des Gesteinsmaterials an. Wir können uns nicht begnügen, die vulkanische Natur einer Basaltkuppe zu erkennen, sondern wir wollen auch wissen, ob dieselbe dort hervorgedrungen ist, oder als das Ende eines weither geflossenen Stromes aufgefasst werden muss. Ein Sandstein regt nicht nur die Frage an, ob er in einem See, in einem Aestuarium, an einer Küste oder in einer Wüste zum Absatz gelangte, sondern uns interessirt auch zu wissen, woher stammen die Quarzkörner, welche ihn aufbauen? welches Gestein musste zerstört und umgearbeitet werden, damit der reine Quarzsand übrigblieb. Ein organisch gebildetes Kalklager veranlasst die Frage, ob ein zoogener oder phytogener Kalk vorliegt und welche Nahrungsquellen hier lokal ein so reiches Thierleben veranlassten.

So fügt sich das einzelne Gestein in eine Kette von gesteinsbildenden Vorgängen. Wir prüfen, welche Eigenschaften das Gestein durch Metamorphose nachträglich erhielt und welche es zu den Zeiten seiner Bildung schon besass, wir verfolgen die Vorfahrenreihe des Gesteins und seine genetischen Seitenlinien so, wie wir die Ahnenreihe eines Fossils untersuchen, und arbeiten an dem schönen Problem einer Phylogenie der Gesteine. Das einzelne Gestein verknüpft sich mit weitentfernt liegenden Bildungen und erweitert unsere erdgeschichtliche Erkenntniss.

Die Organismen, welche von den Meeresbakterien an bis hinauf zu den Raubfischen eine massgebende Rolle bei der Gesteinsbildung spielen, die soweit geht, dass jedes Schlammtheilchen des Meeresgrundes ebenso den Darmkanal von Meeresthieren passirt hat, wie die Ackerkrume den Körper der Regenwürmer, leiten uns über zu dem

zweiten Theil unserer erdgeschichtlichen Studien. Wir prüfen die in dem Gesteine eingeschlossenen organischen Reste.

Wenn wir schon bei der lithogenetischen Analyse des Gesteins erkannten, dass viele Beobachtungen zu machen waren, welche für die Stratigraphie ohne Werth, aber für die Lithogenie von hervorragender Bedeutung wurden, so werden wir auch ebenso leicht einsehen, dass es ein Unterschied ist, ob man eine Fauna sammelt zu dem Behufe einer Bestimmung leitender Formen, für die stratigraphische Einordnung bestimmter Horizonte, ja selbst für die morphologische Untersuchung paläontologischer Arbeit — oder ob man beobachtet und sammelt, um bionomisch zu forschen.

Die Versteinerungen sind das Untersuchungsobjekt der Paläontologie, und können zu diesem Behufe noch dienen, wenn sie vollständig von jedem Rest des umhüllenden Gesteins befreit sind. Je sorgfältiger sie aus dem Gestein allseitig herauspräparirt und herausgeätzt sind, desto höher ist ihr Werth für morphologisch-systematische und für stratigraphische Studien. Allein wenn wir die Versteinerungen bionomisch beurtheilen und sie zur Grundlage für erdgeschichtliche Schlüsse machen wollen, so dürfen wir sie nur im Zusammenhang des umgebenden Gesteins studiren. So werthvoll ein isolirtes Fossil für den Paläontologen und den Stratigraphen ist, so mangelhaft ist es für den Geologen. Für ihn hängt das Fossil auf das engste mit dem umgebenden Gestein zusammen. Seine Orientirung in der Schicht, die relative Häufigkeit der Individuen, der Wechsel des Erhaltungszustandes an verschiedenen Lokalitäten, Alles muss sorgfältig untersucht werden. Ein in der Schicht beobachtetes Exemplar giebt uns oft werthvollere Aufschlüsse als ein Dutzend aufgelesener Stücke, und eine zerbrochene Muschel mit abgeriebener Oberfläche kann lehrreicher sein als ein tadellos herauspräparirtes, vollständig erhaltenes Exemplar.

Nachdem wir also nicht nur die gut erhaltenen Leitfossilien gesammelt, sondern auch die bionomisch werthvollen Umstände ihres Vorkommens im Gestein untersucht haben, dann tritt die Aufgabe an uns heran, die äusseren Umstände zu ergründen, unter denen die Fossilien einst gelebt haben und gestorben sind.

Gesetzt, wir hätten eine foraminiferenreiche Ablagerung, so werden wir uns zuerst über die allgemeinen Lebensbedingungen der Foraminiferen in dem betreffenden Abschnitt des zweiten Bandes unterrichten. Was über Nahrung, Entwicklung, Vorkommen auf lokaler Facies dem Verfasser bekannt ist, werden wir dort finden.

Ueber das bathymetrische Vorkommen der Gattung giebt der systematische Index des zweiten Theiles und die bathymetrische Liste Aufschluss, über deren Zusammenstellung und Handhabung einige Bemerkungen gestattet seien.

Es wäre ein Leichtes gewesen und würde meine Arbeit sehr vereinfacht haben, wenn ich von jeder lebend beobachteten Thiergattung eine bathymetrische Angabe des Vorkommens hätte suchen wollen. Allein es würde damit keine Bürgschaft dafür gegeben gewesen sein, dass das betreffende Thier in jener einmal beobachteten Tiefe heimisch sei.

Nur zu bald erkannte ich, dass die bathymetrische Verbreitung der Meeresthiere vielfach innerhalb weiter Grenzen schwankt. Wenn also der „Einzelwerth“ keine Bürgschaft giebt, um daraus einen sicheren

geologischen Schluss zu ziehen, so könnte vielleicht der „Mittelwerth" grössere Gewähr bieten?

Die Wichtigkeit der „Mittelwerthe" bei beschreibenden und systematischen Arbeiten lässt sich nicht verkennen. Aber jeder Mittelwerth ist in seinen Eigenschaften abhängig von der Zahl und dem Charakter der Einzelbeobachtungen, aus denen er gezogen wurde. Wenn eine Muschel von 1—100 m Tiefe beobachtet wird, so ist die mittlere Tiefe ihres Vorkommens 50 m, und wenn eine andere Muschel nur 40—60 m tief lebt, so ist die mittlere Tiefe ihrer Heimath ebenfalls 50 m, und doch sind die Lebensgewohnheiten beider Formen weit voneinander verschieden.

Ich habe infolge dessen bei allen Gattungen, welche mehrfach gedredgt worden sind, die „Grenzwerthe" ihres Vorkommens angegeben, und hoffe, dass dadurch jener Fehler vermieden wird, welcher bei Angabe von Mittelwerthen nicht zu umgehen ist.

Gesetzt den Fall, wir hätten in einer Kalksteinbank, deren marine Entstehung durch lithogenetische Studien erkannt war, eine Anzahl Fossilien gefunden, bestimmt und nach der bathymetrischen Liste ihr Vorkommen verzeichnet:

Globigerina bulloides	von	0—5760 m
Odostomia clavula	von	10— 297 m
Modiola barbata	von	0— 173 m
Megerlia truncata	von	109— 191 m

so sehen wir sofort, dass wir mit Hilfe der *Globigerina* den Wohnsitz dieser Fauna nicht bestimmen können; denn die Grenzwerthe ihres Vorkommens geben einen unbegrenzten Spielraum. *Odostomia* und *Modiola* sprechen dafür, dass die Thiere in geringeren Tiefen gelebt haben, und lassen die Möglichkeit offen, dass die Tiefe nur 10 m betrug. Der Fund von *Megerlia* widerlegt jedoch diese Vermuthung sofort und giebt uns als wahrscheinliche Tiefe 109—173 m. Mit anderen Worten: der höchste Werth der verschiedenen Minimaltiefen und der tiefste Werth der Maximaltiefen giebt die Grenzwerthe des bathymetrischen Vorkommens.

Je grösser die Anzahl der bathymetrisch geprüften Formen ist, desto sicherer ist der daraus gezogene Schluss. Zugleich wird man aus dem gewählten Beispiel leicht erkennen, wie wichtig die Beobachtung der Fossilien im Gestein ist. Denn wenn man Anhaltspunkte finden kann, dass die *Megerlia* eine in die andere Fauna verschleppte Schale ist, so ergiebt sich daraus ein wesentlich anderer Schluss.

Nur in seltenen Fällen wird man an einem isolirten Exemplar Anhaltspunkte dafür gewinnen können, ob das Fossil an der Stelle seines Vorkommens gelebt hat; hier kann nur die Beobachtung in situ etwas nützen. Und welche Bedeutung die Frage nach dem autochthonen Charakter einer Fauna für weittragende geologische Schlüsse hat, das wird man aus dem Kapitel über die „Ammoniten als Leitfossilien" am besten beurtheilen können.

Allein selbst wenn wir die Lebensweise jedes einzelnen Thieres kennen würden, und im Stande wären, mit Hilfe der Listen des zweiten Bandes darnach jedes Fossil bionomisch zu beurtheilen, so werden wir doch erst dann einen tiefen Einblick in die Verhältnisse eines versteinerten Meeres thun können, wenn wir die vielbesprochene Lücken-

haftigkeit paläontologischer und geologischer Ueberlieferung in allen ihren Konseqnenzen klar erkennen.

Die vereinzelten Knochen ausgestorbener Wirbelthiere, die isolirten Täfelchen zerfallener Seeigel waren für die paläontologische Forschung räthselhafte Fragmente, bis CUVIER auf Grund einer genauen Kenntniss der Anatomie lebender Thiere, auf Grund der ontologischen Methode das Gesetz von der Correlation der Organe aufstellte. Er zeigte, dass man unter Zuhilfenahme ontologischer Vergleichung aus dem vereinzelten Zahn eines Wirbelthieres nicht nur den Bau seiner Gliedmassen, sondern sogar seine Lebensweise, seine Nahrung erschliessen könne.

Und wie der Paläontolog die Bruchstücke nnd unvollständigen Theile einst lebender Organismen untersuchen nnd ergänzen muss, so liegt vor den Augen des Geologen eine lückenhaft überlieferte Reihe von Schichten und von Fossilien, und die Forschung kann keinen Schritt thun, ohne den Abgründen der Lückenhaftigkeit zu begegnen. Sollen wir sie kühn überspringen, oder giebt es ein Mittel, sie mühsam zu überbrücken?

Wir betrachten es als die Aufgabe dieses Werkes, den sorgfältig beobachtenden Geologen in den Stand zu setzen, nicht nur in vielen Fällen die Tiefe des Meeres zu bestimmen, in der eine gegebene fossile Fauna gelebt hat, sondern auch eine Reihe von anderen Erkenntnissen zu gewinnen, welche sich geologisch verwerthen lassen. Wir müssen immer bedenken, dass die Lückenhaftigkeit geologischer Ueberlieferung uns so lange ein nnüberschreitbarer Abgrund ist, als wir das einzelne Faktum aus dem Zusammenhang der umgebenden Umstände herausreissen. Und geradeso wie es ein Gesetz von der Correlation der Organe giebt, das kein Paläontologe ungestraft vernachlässigen kann, so giebt es ein Gesetz von der Correlation der Gesteine, dessen Tragweite unsere Lithogenie in das rechte Licht setzen soll, und ein Gesetz von der Correlation der marinen Lebensbezirke, dessen Kenntnis für jeden erdgeschichtlich forschenden Geologen eine nothwendige Voraussetzung ist.

Diese beiden Gesetze lassen sich zwar ebenso schwer wie das Gesetz von der Correlation der Organe in Formeln fassen, aber sie existiren für Jeden, welcher mit dem organischen Leben im Meere vertraut ist, nnd der sich einen Einblick verschafft hat in die kausalen Zusammenhänge der bionomischen Erscheinungen. Eine Fauna herbivorer Schnecken verlangt nothwendig eine reiche Algenflora, selbst wenn wir keine Spur fossiler Fukoiden in jener Schicht bemerken. Ein Korallenriff bedarf der Planktonnahrung, auch wenn ihre Reste uns nicht aufbewahrt sind. Eine Tiefseeablagerung fordert die gleichzeitigen litoralen Facies, und ein litorales Kalklager ist räumlich verbunden mit heteropischen kalkarmen Sedimenten.

Die Voraussetzung aller solcher Studien bildet aber eine bionomische Diskussion des Profils. Man pflegt ein gegebenes Profil zu beschreiben, und seine Beziehungen zu anderen Profilen meist ausschliesslich nach stratigraphischen Charakteren zu beurtheilen. Die trennenden Schichtengrenzen zwischen überlagernden Sedimenten gewinnen bei einer solchen Betrachtung eineu höheren Werth als die Sedimente selbst. Ein versprengter seltener Ammonit erhält eine höhere

Bedeutung als die in der Schicht einheimische Fauna häufig gefundener Organismen. Die grosse Wichtigkeit der gliedernden Schichtenfugen und der leitenden Fossilien liegt auf der Hand und bedarf keiner Begründung.

Allein es ist zu beklagen, dass die systematische Betrachtungsweise eines Schichtenverbandes so wenig Raum lässt für eine lithogenetische und bionomische Prüfung der einzelnen Bänke. Und ich glaube hier besonders auf eine verhängnissvolle, aber vielfach geübte Methode hindeuten zu müssen, welche der Entwickelung einer exakten Erdgeschichte bisher vielfach hindernd im Wege stand.

Nehmen wir den Fall, es sei in eine versteinerungsleere Ablagerung von Sandstein eine fossilreiche Mergelbank eingelagert. Die Sandsteinschichten A, B, D, E seien je 5 m mächtig, die Mergelschicht C nur 1 m dick. In der Regel pflegt man nach der dünnen fossilreichen Mergelschicht C die ganze 21 m mächtige Ablagerung zu beurtheilen, und wenn die Fauna des Mergels für eine marine Flachseebildung spricht, so betrachtet man auch die Sandsteine als eine marine Flachseeablagerung. Man begegnet derartigen Schlussfolgerungen in der geologischen Literatur so oft, dass es den Anschein hat, als ob die Richtigkeit eines solchen Schlusses keinen Bedenken unterworfen sei. Aber ich zweifle nicht, dass derjenige, welcher einmal über die Berechtigung dieser Schlussfolgerung nachgedacht hat, das Mangelhafte derselben einsah. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die oben erwähnten Sandsteine eine Bildung sind, welche unter denselben äusseren Umständen entstanden wie die Mergelbank, aber dieses Urtheil darf nicht stillschweigend angenommen werden, sondern muss bewiesen sein.

Ein sicheres Urtheil über die Entstehung eines Gesteines lässt sich nur aus den Eigenschaften dieses selben Gesteines herauslesen, nicht aber aus den Charakteren eines Sedimentes mit dem jenes Gestein wechsellagert. Ja noch ein anderer Fall muss hier in den Kreis unserer Betrachtungen gezogen werden: Gegeben sei eine fossilleere Sandsteinablagerung, welche nach oben zu thonig wird; die Quarzkörner treten immer mehr zurück und allmählich geht sie durch zunehmenden Thongehalt und Auftreten von Kalktheilen in eine fossilreiche Mergelschicht über. Selbst wenn alle Uebergänge von der einen Ablagerung in die andere gegeben sind, haben wir kein Recht, den Sandstein nach dem Mergel oder umgekehrt genetisch zu beurtheilen. Diese Thatsache beweist nur, dass die äusseren Umstände der Sedimentation, welche in dem obenangeführten Beispiel einem raschen Wandel unterworfen waren, in diesem Fall sehr langsam geändert wurden, aber trotz aller Uebergänge erfolgt die Ablagerung des Mergels unter ganz anderen Bedingungen als die des Sandsteines.

Wenn wir uns auf diese Weise vor unberechtigten Schlüssen hüten, jedes Gestein für sich prüfen, jede Fauna nach ihrer lokalen Zusammensetzung beurtheilen, dann gewinnen wir ein Material mit dem es ein Leichtes ist, weiterzuarbeiten.

Die ontologische Methode, ergänzt durch experimentale Untersuchungen, hat uns die Entstehungsgeschichte der Gesteine und der darin enthaltenen Fossilien kennen gelehrt und hat uns damit ein

gesichertes Material geliefert, das nur der weiteren Anwendung, der Vergleichung und Verknüpfung harrt.

Mit tektonisch geschultem Blick verfolgen wir jetzt die vertikale und horizontale Verbreitung der einzelnen Sedimente, der verschiedenen fossilen Lebensbezirke, das Ineinandergreifen heteropischer Facies, die transgredirende Ueberlagerung einzelner Formationen. Die Gebiete prähistorischer Denudation und Sedimentation enthüllen sich unserem Blick und immer klarer und reiner heben sich die Züge im Antlitz der Erde aus den Nebeln der Vorzeit heraus.

IV. Die Grenzen der ontologischen Methode.

Nach dem, was wir in dem vorigen Abschnitt gesagt haben, könnte es scheinen, als ob es möglich wäre, mit Hilfe der ontologischen Methode eine völlig einwurfsfreie endgiltige Einsicht in die Geschichte der Erde zu gewinnen, oder wenigstens könnte der kritische Leser den Eindruck haben, als ob der Verfasser solche Hoffnungen hegte. — Das ist leider nicht der Fall.

Jede wissenschaftliche Methode, und wäre sie noch so exakt, hat eine Grenze ihrer Leistungsfähigkeit, und in besonders ausgeprägter Weise trifft das auf die hier vertretene Richtung zu. Nur indem wir uns dieser Unzulänglichkeit bewusst sind und die Grenzen der ontologischen Methode scharf und klar im Auge behalten, können wir uns vor Einseitigkeit und Irrthum bewahren.

Die Grenze der experimentalen Methode lag wesentlich darin, dass es unmöglich ist, Experiment und geologischen Vorgang congruent zu machen. Das Experiment bietet uns eine solche Menge an sich gleichberechtigter Möglichkeiten, dass es niemals für sich allein als Wegweiser dienen kann.

Mit einer viel höheren logischen Sicherheit können wir uns der ontologischen Methode bedienen, und doch haften auch ihr höchst bedenkliche Fehler an, welche zum Theil zufälliger, zum Theil grundsätzlicher Natur sind, und die man nicht alle ausschalten kann.

Der erste zufällige Fehler beruht in der Unvollständigkeit unserer Kenntniss aktueller Erscheinungen. Wohl haben Tiefseeexpeditionen alle Ozeane gekreuzt, aber wenn wir ihre schmale Bahn vergleichen mit der weiten unerforschten Fläche, dann sehen wir ein, wie mangelhaft der Ozean bekannt ist. Wohl haben kühne Forscher alle Kontinente durchquert, aber nur ein kleiner Theil des Landes ist mit wissenschaftlicher Sorgfalt untersucht, Vieles ist nur erkundet. Ein reiches Material bionomischer Thatsachen ist in zahlreichen Dredgelisten enthalten, allein wir sind weit entfernt davon, über jede lebende Gattung alle die äusseren Umstände und Bedingungen ihres Lebens zu kennen.

Aber dieser erste Grundfehler würde leichter zu tragen sein, wenn derselbe nicht durch die Arbeit des Verfassers bedeutend verstärkt

worden wäre. Von den vielen Literaturangaben, welche die Weltliteratur enthält, steht leider nur ein kleiner Theil auf den nachfolgenden Blättern.

Ich kann es nicht verschweigen, dass mich diese Unvollständigkeit meiner Studien oft muthlos gemacht hat; um so mehr wenn ich sah, wie viele interessante, oftmals hochwichtige Angaben gelegentlich in Anmerkungen oder mitten unter anderen Beobachtungen verstreut sind. Zwar habe ich mich bemüht, diesem Fehler dadurch zu begegnen, dass ich die mir zu Gebote stehende Literatur möglichst Seite für Seite durchsah — dennoch ist mir viel entgangen, und ich fühle diesen Fehler meines Buches mehr als jeder Andere.

Aber die aus technischen und persönlichen Gründen sich ergebenden Fehlerquellen würden zu vermeiden sein, wenn nicht der ontologischen Methode noch eine grundsätzliche Grenze ihrer Anwendung gezogen wäre.

In der grossen Zahl von Thieren und Pflanzen, welche im Laufe der geologischen Vergangenheit das Meer und das Festland belebt haben, können wir mit Rücksicht auf ihre Lebensdauer „Leitfossilien“ und „Dauerfossilien“ unterscheiden. Leitende Formen haben eine grosse horizontale, aber nur geringe vertikale Verbreitung; Dauerformen aber finden wir durchgehend in mehreren übereinanderliegenden Formationen. *Lingula* lebte zu Tausenden in den cambrischen Schichten, ebenso wie sie heute schaarenweise die flachen Gewässer tropischer Meere bevölkert. So gering der stratigraphisch unterscheidende Werth solcher Dauerformen ist, so werthvoll werden sie für ontologisch erklärende Studien.

Nehmen wir als Gegensatz eine leitende Gattung wie *Clymenia* und *Hippurites*, oder eine leitende Gruppe wie die Graptolithen und die Blastoideen, so fehlt es uns vollständig an recentem Vergleichsmaterial und damit an der Möglichkeit, die ontologische Methode darauf anzuwenden. Mit anderen Worten, je weiter wir zurückgehen in der Reihe der geologischen Perioden, desto kleiner wird der Wirkungskreis der ontologischen Methode. Je geringer die Zahl der lebenden Arten und Gattungen in einer fossilen Ablagerung ist, desto schwerer können wir uns ein Urtheil über ihre Bildungsumstände machen. Ganz dasselbe trifft aber auch für das Gebiet der Gesteine zu. Es giebt „Dauergesteine“ und „Leitgesteine“. Manche Gesteinstypen finden sich vom Cambrium bis zur Gegenwart, andere Arten sind nur in einer einzigen Periode gebildet worden. Rothe fossilleere Sandsteine kennen wir vom Cambrium bis zu den noch unverkitteten Dünensanden Innerarabiens und der Koromandelküste, dagegen ist der Kupferschiefer und der Solnhofener Kalk leitend für einen bestimmten Zeitabschnitt. Und wenn man lokale Gesteinsvarietäten hier anführen wollte, so würde jeder aufnehmende Geologe aus seinem Arbeitsfeld Beispiele von leitenden und dauernden Gesteinen leicht aufzählen können.

Wir können hier auf die prinzipielle Würdigung dieser Thatsache nicht eingehen, und versparen uns eine besondere Diskussion des Problems auf das Ende dieses Werkes; allein soviel müssen wir schon hier sagen: die ontologische Methode lässt sich nur auf Dauergesteine und Dauerfossilien mit Erfolg anwenden. Sobald wir über leitende Fossilien oder leitende Gesteine zu urtheilen haben, verliert die Schlussfolgerung ihre Sicherheit.

Alle die bisher angeführten Fehler der ontologischen Methode werden aber an Gewicht noch bei weitem übertroffen durch einen anderen Einwurf prinzipieller Natur.

Zu jener Zeit als die wissenschaftliche Geologie entstand, herrschten über die Vorzeit der Erde Ansichten, welche dem Nachsinnen der Dichter, dem mythischen Fabuliren des Volkes entsprungen waren.

Von keiner Schranke kritischer Arbeit eingeengt, konnte die Phantasie Wahres und Erdichtetes kunstvoll verknüpfen, und je reicher der zu Gebote stehende Ideenkreis war, desto leichter war es, eine längst verflossene Zeit wieder zauberhaft dem Auge vorzubilden.

Die ontologische Methode legte der dichtenden Phantasie einen strengen Zügel an, und rang mit ihr um jeden ebenso schönen als gewohnten Irrthum.

So bildete sich immer deutlicher ein Bild der Vorzeit heraus, welches sich von den Zuständen unserer heutigen Erdoberfläche nur relativ, nicht absolut unterscheidet. Der *Palaeophonus* lehrt uns, dass es schon im Silur Festländer gegeben habe, und die blinden Trilobiten Böhmens beurteilen wir nach den erblindeten Krebsen, welche in der Gegenwart die Tiefen des Meeres bewohnen. So ist es im Gegensatz zu dem Wunderglauben früherer Jahrhunderte allmählig ein Grundsatz der wissenschaftlichen Geologie geworden, in der Vorzeit der Erde vornehmlich solche Zustände wiederzuerkennen, welche auch in der Gegenwart möglich wären.

Sobald wir uns für das paläozoische und mesozoische Zeitalter auf den Standpunkt stellen, dass die Zustände der Erdoberfläche damals prinzipiell andere gewesen seien als heutzutage, dass die Gesetze organischen Lebens damals von anderen Faktoren bestimmt waren — dann verzichten wir auf die Möglichkeit einer Erdgeschichte, dann stehen wir auf dem Standpunkte der Erdmythologen.

Aber unter den ältesten versteinerungsführenden Schichten liegt eine lange Serie von Gesteinen, deren Eigenschaften bisher allen ontologischen Erklärungsversuchen getrozt haben. Wohl hat man durch Experimente das Räthsel der krystallinischen Schiefer zu lösen versucht, allein alle Theorien behalten ihren hypothetischen anfechtbaren Charakter.

Wohl der beste Beweis dafür, wie gründlich und umsichtig Karl von Hoff das vorliegende Problem durchdacht hat, liegt in folgenden Worten[1]) seiner Einleitung: Ueber einen gewissen Punkt hinaus wird man auf diesem Wege zur Zeit noch nicht gelangen, sondern eine Grenze finden, jenseits welcher fast gar keine Anwendung bekannter physischer Gesetze und Thatsachen mehr stattfindet, sondern wo man nur zu Vermuthungen und schwankenden Hypothesen seine Zuflucht nehmen muss und das Unzureichende derselben bald einsehen wird. Diese Grenze aber aufzusuchen, das scheint uns das vernunftgemässe Ziel zu sein, welches zu erreichen die Geologen jetzt streben müssen.

Ausgehend von der Ueberzeugung, dass die Erscheinungen der Gegenwart allein die Räthsel der Vergangenheit zu lösen imstande sind, geben wir also offen zu, dass es zu allen geologischen Zeiten bio-

1) Geschichte I, S. 7.

logische und physikalische Phänomene gegeben hat, welche der Gegenwart fremd sind. Dass nicht nur ausgestorbene Thierarten und Thiergruppen existirt haben, sondern dass auch gewisse klimatische, ozeanographische, physikalische Bedingungen zeitweise gewaltet haben, welche sich nicht mit den Erscheinungen der Gegenwart messen und nach ihnen beurtheilen lassen.

Wir geben zu, dass viele Thiere und Pflanzen früher in anderen Meerestiefen, unter anderen äusseren Umständen gelebt haben, als wir sie heutzutage lebend beobachten. Ein Blick auf die bathymetrischen Listen des zweiten Bandes lehrt uns übrigens, wie weit die Grenzen des bathymetrischen Vorkommens vieler Meeresthiere sind.

Wir leben sogar der Ueberzeugung, dass sich solche der Gegenwart fremdartige, von unseren heutigen Erfahrungen abweichende Zustände um so zahlreicher finden, je weiter wir eindringen in die Reihe der geologischen Formationen. Indem sie sich immer mehren und vervielfältigen, kommen wir endlich an jene Grenze erdgeschichtlicher Studien, wo wir in eine fremde Welt eintreten. Ist es nicht ein schönes Ziel, diese Grenze überall auf Schritt und Tritt zu verfolgen? haben wir nicht eine feste und befriedigende Einsicht gewonnen, wenn wir diese Grenze festlegen?

Und so wird jene Fehlerquelle der ontologischen Methode die Grundlage für ein neues Problem. Ausgerüstet mit einer möglichst umfassenden Kenntniss aktueller Zustände treten wir an eine Frage nach der anderen heran. Wir beurtheilen die Entstehungsgeschichte fossiler Sedimente, die Eruptionsvorgänge erloschener Vulkane und die Lebensweise ausgestorbener Thiere und Pflanzen auf Grund unserer Erfahrungen aus der Gegenwart. Sorgfältig haben wir beobachtet, sorgsam prüfen und vergleichen wir jetzt prähistorische Phänomene mit aktuellen Erscheinungen. In der Mehrzahl der Fälle wird uns die ontologische Methode ein hell leuchtendes Licht sein.

Aber es giebt räthselhafte Erscheinungen, welche sie nicht aufzuklären vermag. Sollen wir die Grubenlampe verwerfen, weil sie nicht jeden Winkel erhellt, und weil sie in der Hand des Ungeübten schlagende Wetter entzündet?

Erst indem wir uns der Grenze der ontologischen Methode voll bewusst werden, erhält sie ihren wahren Werth. Und wenn es uns gelingt, zu beweisen, dass das eine oder andere geologische Phänomen für jene Methode unangreifbar ist, dann dünkt mich dieser Beweis ein besseres Resultat als die unsichere Hypothese: „man kann sich nicht anders denken, als dass es so und so gewesen ist.“ Nur indem wir das Unerklärte als solches erkennen, ist die Möglichkeit weiteren Fortschritts gegeben. Probleme, die nur scheinbar gelöst sind, ruhen ebenso, wie die wirklich gelösten.

Möchte es meinem Buche gelingen, recht viel ungelöste und halb gelöste Probleme aufzuklären, und in der Erdgeschichte die Grenze unserer Erkenntniss recht hell zu beleuchten; aber anstatt mit einer scheinbaren Erklärung die Arbeit matt zu setzen, wollen wir lieber mit einem ehrlichen „ignoramus“ auf ungelöste Probleme hinweisen.

I. THEIL:

Bionomie des Meeres.

Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke und Existenzbedingungen.

1. Die Bedingungen des Lebens.

Die Erdoberfläche ist gegenwärtig der Schauplatz von zwei verschiedenen Arten der Veränderung der Materie, die man als anorganische und organische Bewegungen nur schwer scharf von einander trennen kann. Die Veränderungen und Bewegungen der unbelebten Natur werden veranlasst durch mehrere Ursachen. Die Abkühlung der Erde bewirkt Dislokationen, Erdbeben und vulkanische Erscheinungen; die Anziehung von Sonne und Mond verändert die Gestalt der Hydrosphäre und dadurch auch die Massenvertheilung an den Küsten; und die leuchtenden und wärmenden Strahlen der Sonne leiten den Kreislauf des Wassers ein, und üben durch Luftströmungen, Stürme und Meeresströmungen eine umgestaltende Wirkung auf die Erdoberfläche aus.

Die Bewegungen der Materie, welche man als organische bezeichnet, sind scheinbar ganz anderer Art wie die anorganischen Veränderungen, und doch hat die Naturforschung die Kluft zwischen der belebten und unbelebten Natur mehrfach überbrückt. Die synthetische Darstellung organischer Stoffwechselprodukte, der experimentelle Nachweis, dass auch die scheinbar spontanen Bewegungen niederer Organismen durch mechanische Ursachen nothwendig bedingt sind, und andere biologische Gründe sprechen dafür, dass die organische Welt, mit ihren eigenartigen Lebenserscheinungen, nur durch die Art der Bewegung von der unbelebten Natur verschieden ist.

Wenn wir die Bedingungen dieser organischen Bewegung, wie wir sie in der Gegenwart beobachten können, mit jenen Zuständen vergleichen, welche in früheren Entwicklungsphasen der Erde geherrscht haben müssen, so drängt sich unabweisbar der Gedanke auf, dass das organische Leben auf der Erde einmal einen Anfang gehabt haben muss. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier das Problem der Entstehung des Lebens selbst zu behandeln, denn dieses gehört nicht in den Kreis geologischer Betrachtungen, wohl aber scheint es uns wichtig, diejenigen empirischen Grenzwerthe festzustellen, innerhalb deren heute organisches Leben möglich ist, denn auf diese Weise nur können wir Anhaltspunkte dafür gewinnen, unter welchen Bedingungen und in welcher Erdperiode organisches Leben möglich war.

Man pflegt die organischen Körper in Pflanzen und Thiere einzutheilen. Aber sowohl vom morphologischen wie vom physiologischen Standpunkt ist es unmöglich, diese beiden Gruppen scharf von ein-

ander zu trennen. Wenn wir den histologischen Bau zur Grundlage unserer Eintheilung machen, so finden wir an der Wurzel des Pflanzenreiches wie des Thierstammes einzellige Formen, deren Merkmale so wenig Unterschiede erkennen lassen, dass man die einzelligen Pflanzen mit den einzelligen Thieren zu einem besonderen „Protistenreich“ vereinigt hat. Legen wir aber physiologische Charaktere unserer Betrachtung zu Grunde, so müssen wir, wenn wir konsequent sein wollten, die schmarotzenden Pilze zu den Thieren rechnen, und die chlorophyllhaltigen Aktinien als Pflanzen bezeichnen.

Indem wir uns dieser Schwierigkeiten voll bewusst bleiben, können wir aber immerhin die Mehrzahl der Thiere von den typischen Vertretern des Pflanzenreiches leicht unterscheiden, denn die Pflanzen sind allein im Stande zu assimiliren, d. h. unter dem Einfluss des Lichtes in ihrem Chlorophyll organische Materie aus Kohlensäure und Wasser zu bilden, während alle Thiere organische Substanzen verbrauchen und dem anorganischen Reiche wieder zuführen.

Wenn wir unter Fäulniss die Zersetzung stickstoffhaltiger Verbindungen, unter Verwesung den Zerfall von Kohlenstoffverbindungen verstehen[1]), so werden durch diese beiden Vorgänge beständig organische Stoffe zerstört, und die Masse der lebenden organischen Substanz auf der Erde wird ununterbrochen vermindert. Und wenn wir nicht nur die Fäulniss und Verwesung in der Gegenwart ins Auge fassen, sondern bedenken, dass jede Versteinerung, jedes Stück Kohle, jeder Kalkstein, der im Laufe der geologischen Vergangenheit gebildet worden ist, nur Zeugen prähistorischer Verminderung der belebten Substanz sind, so können wir ermessen, welche Masse organischer Materie im Laufe der Erdgeschichte zerstört worden ist. Die Physiologie des Thierkörpers zeigt uns, dass bei den chemischen organischen Umsetzungen im Protoplasma der Thiere ebenfalls beständig organische Verbindungen zerstört werden, dass also durch die blosse Existenz einer Fauna die Summe der belebten Materie vermindert wird. Das Thier lebt, wächst und pflanzt sich fort, indem es Pflanzen verzehrt oder von dem Fleische von Pflanzenfressern lebt. Der bei der Athmung aufgenommene Sauerstoff dient nur dazu, diese Zerstörung der organischen Substanz zu beschleunigen. Das Thierreich lebt auf Kosten des Pflanzenreiches, und kein Thier (die chlorophyllhaltigen Formen ausgenommen) ist im Stande unorganische Kohlenstoff-Verbindungen durch seine Lebensthätigkeit in den Kreislauf des Lebens aufzunehmen.

Aus diesem Grunde müssen wir annehmen, dass das organische Leben auch auf der Erde mit solchen Formen begonnen habe, welche physiologisch zum Pflanzenreich gehörten. Ja wir könnten die Pflanzen als eine Bedingung des Lebens bezeichnen — auf jeden Fall aber müssen wir zuerst die Bedingungen des Assimilationsprozesses der Pflanzen besprechen, ehe wir die Bedingungen thierischen Lebens weiter behandeln können.

Wenn die Summe der belebten Materie auf der Erde nicht be-

---

1) Migula, Die Bakterien. Leipzig 1891, S. 56.
Im Allgemeinen werden wir eine Abhandlung nur da zitiren, wo sie zum erstenmale benutzt wird, so dass das Zitat für das ganze betreffende Kapitel gilt.

ständig abnimmt, wenn nicht Pflanzen und Thiere endgiltig aussterben, wenn die Erdoberfläche sich nicht ihres organischen Lebens entkleidet, so ist der einzige Grund hierfür der Assimilationsprozess der Pflanzen. Die mit einem grünen, braunen, rothen, gelben Farbstoff dem Chromophyll[1]), versehenen Pflanzentheile haben die Fähigkeit, unter dem Einfluss des Lichtes aus Kohlensäure und Wasser organische Substanzen zu erzeugen. Man[2]) kann grüne Pflanzen in ausgeglühtem Sand und in Wasser erziehen, welches keine Spur organischer Körper enthält, wenn diesem Nährboden die ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff für den vegetabilischen Organismus unentbehrlichen Elemente in anorganischer Verbindung zugesetzt werden. Andererseits gewinnt eine in kohlensäurefreier Atmosphäre kultivirte Pflanze keinen Kohlenstoff und verliert an diesem Element.

So bedarf also die Pflanze: Wasser, Licht, Kohlensäure und Chromophyll, damit sie assimiliren kann; und somit sind diese vier Faktoren die nothwendige Voraussetzung des organischen Lebens.

Das Wasser existirte nicht immer als flüssiges Element auf der Erde. Wenn wir zurückgehen in diejenigen Phasen der Erdgeschichte, wo die Erde noch ein überaus heisser Himmelskörper war, so finden wir kein Wasser auf der Erdoberfläche; denn alles Wasser schwebte in Dampfform in der Atmosphäre. In[3]) diesem Stadium der Dinge musste der Siedepunkt des Wassers abhängig sein von dem hohen Druck des Wasserdampfes, welcher damals den grössten Theil der Atmosphäre bildete. In dem Maas, als sich die Erde abkühlte, wurde ein Theil des Wasserdampfes nach dem anderen condensirt, und zwar bei einer Temperatur, welche dem jedesmaligen Siedepunkt des Wassers entsprach. Der Siedepunkt des Wassers hatte sein Maximum, als die Condensation des Wasserdampfes begann und das erste flüssige Wasser auf der Erdrinde erschien; seitdem sank der Siedepunkt im Verlauf der Erdbildung mehr und mehr, bis die Erde sich soweit abkühlte, dass der jetzige Siedepunkt von 100° C. erreicht wurde.

Wir können hier die Temperatur des Wassers noch ausser Acht lassen; jedenfalls war organisches Leben erst dann möglich, als flüssiges Wasser sich auf der Erdrinde condensirt hatte.

Als zweite Voraussetzung der Assimilation lernten wir das Licht kennen. Eine Pflanze kann zwar im Dunklen so lange gedeihen und sogar wachsen, als sie von assimilirten Reservestoffen zu zehren vermag, aber ohne Einwirkung des Lichtes ist die chlorophyllhaltige Pflanze nicht fähig, Kohlensäure zu zersetzen, und organische Substanz neu zu bilden, d. h. zu assimiliren. Die Intensität der Belichtung hat bei verschiedenen Pflanzen ein verschiedenes Optimum, und so wie es für jede Lebensäusserung der Pflanzen eine obere Temperaturgrenze giebt, die ohne Schädigung nicht überschritten werden darf, so giebt es auch eine obere Grenze der Belichtung, bei welcher das Chlorophyllkorn nicht mehr assimiliren kann. Manche Pflanzen, besonders gewisse Meeresalgen gedeihen im Halbdunkel besser als im vollen Sonnenlicht,

1) Engelmann, Botan. Zeitung. 1883, S. 16.

2) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Leipzig 1881, S. 182.

3) Mallet, Quat. Journ., Geol. Soc. London 1880, S. 116.

aber ohne Sonne vermag keine einzige zu assimiliren. Da nun die Lichtstrahlen beim Eindringen in eine Wassersäule eine fortdauernde Schwächung ihrer Intensität erleiden, so muss mit zunehmender Meerestiefe die Assimilation immer geringer werden.

Bei Villafranca hat man[1]) durch Versenken lichtempfindlicher Platten in sehr reinem Wasser bei sonnigem Wetter und zur Mittagszeit 400 m als die grösste Tiefe beobachtet, bis zu der chemisch wirksame Lichtstrahlen eindringen.

Die Wasserschichten von 0—300 m werden jeden Tag so lange erleuchtet, als die Sonne am Himmel steht, dagegen dringt das Licht nur 8 Stunden lang bis in eine Tiefe von 350 m.

Die im Genfer See angestellten Versuche ergaben, dass im Winter chemisch wirksame Strahlen bis 250 m eindringen, während im Sommer durch die Trübung der einmündenden Flüsse die Lichtdurchlässigkeit des Wassers so vermindert wird, dass chemisch wirksame Strahlen nur bis 45 m nachgewiesen werden konnten.

Beim Eindringen des Lichtes in eine Wassersäule wird aber nicht nur die Intensität, sondern auch die Qualität des Lichtes verändert. Sachs[2]) konnte durch Versuche zeigen, dass unter Berücksichtigung aller Nebenumstände die Assimilation im rothgelben Theil des Spektrums beinahe ebenso stark ist, wie im vollen unzerlegten Tageslicht. Nur Licht von 70 μ bis 40 μ Wellenlänge kann Assimilation veranlassen. (die Purpurbakterien[3]) assimiliren auch im Ultraroth, während das Chlorophyll in ihm unwirksam ist).

Wir haben später noch zu zeigen, dass die rothen Lichtstrahlen im Wasser sehr rasch absorbirt werden. In 2 m Tiefe ist schon die Hälfte aller rothen Strahlen verschwunden. Infolgedessen liegt die Grenze der assimilirenden Strahlen im Meere höher, als die Grenze, bis zu welcher Licht überhaupt eindringt. Von diesem Standpunkt können wir die Oberfläche der Erde bionomisch in zwei Gebiete eintheilen. Das diaphane Gebiet, welches vom Sonnenlicht erleuchtet, und infolgedessen von assimilirenden Organismen bewohnt wird, umfasst das gesammte Festland und die obere Schicht des Ozeans bezw. von Binnenseen, bis in eine Tiefe von etwa 400 m. Das aphotische Gebiet ist die Tiefsee unterhalb dieser Assimilations-Grenze, und die dunkelen Höhlen der Erdrinde.

Nur in dem diaphanen Gebiet ist Assimilation möglich, nur hier können anorganische Verbindungen in den Kreislauf des Lebens aufgenommen werden, hier allein konnte das Leben auf der Erde seinen Anfang nehmen. Die Tiefsee konnte nur von dem diaphanen Gebiet aus bevölkert werden und steht beständig in einer ökonomischen Abhängigkeit von dem diaphanen Gebiet. Die dunkelen Regionen des Meeres entnehmen ihre Existenzmittel dem durchlichteten Gebiet der Meeresoberfläche, der Flachsee und des Festlandes, und ohne diese ist eine Tiefseefauna undenkbar.

Zur Assimilation ist Kohlensäure nöthig. In reiner Luft sind 0,33 ‰ Volumina Kohlensäure enthalten, während Regenwasser

1) Fol & Sarasin, Mém. Soc. Hist. Nat. Genève XXIX, Nr. 13.
2) Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882.
3) Engelmann, Botan. Zeitung. 1888, S. 15.

in der absorbirten Luft über 10 ‰ Volumina enthält. Infolgedessen gelangen auch in alle Seen und in das Meer ziemlich beträchtliche Mengen von Kohlensäure. Wenn man nun bedenkt, welche Mengen assimilirter Kohlensäure in den Kohlenlagern festgelegt sind, so muss man annehmen, dass früher der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre noch bedeutend grösser gewesen ist, so dass von dieser Seite die Bedingungen der Assimilation stets erfüllt waren.

Kohlensäure[1]) und Wasser sind gesättigte Sauerstoffverbindungen; sie können keine Bewegung erzeugen, ebensowenig wie der Stein, der auf dem Boden ruht. Erst wenn durch den Verbrauch einer lebendigen Kraft der Stein gehoben wurde, kann er fallen; und erst wenn durch den Verbrauch einer lebendigen Kraft der Sauerstoff vom Kohlenstoff und Wasserstoff in der Pflanze getrennt wurde, können chemische Spannkräfte in ihr entstehen. Wir wissen durch Versuche, dass die chlorophyllhaltige Pflanze nur so lange Sauerstoff abspaltet, als das Sonnenlicht sie bescheint, und dass die Menge des abgespaltenen Sauerstoffes der Intensität des Lichtes proportional zu- und abnimmt. Es unterliegt also keinem Zweifel: alle Spannkräfte der Pflanzenstoffe sind umgesetztes Sonnenlicht.

Die von der Pflanze gebildeten Stoffe dienen dem Thier zur Nahrung. Der Sauerstoff, welcher in der grünen Pflanze durch die lebendige Kraft des Sonnenlichtes aus dem Wasser und der Kohlensäure freigemacht wurde, wird mit den dadurch erzeugten sauerstoffarmen Verbindungen im Thierkörper wieder vereinigt, und als Endprodukte dieser Vereinigung werden wiederum Kohlensäure und Wasser ausgeschieden — dieselben einfachen Stoffe, welche der Pflanze als Nahrung dienen. Die chemische Spannkraft der Nahrung ist also verbraucht worden. Da aber eine Kraft nicht verschwinden kann, so finden wir sie wieder in der Körpertemperatur der Thiere und in deren Bewegungen.

In jeder[2]) lebenden Zelle findet Assimilation nur da statt, aber auch überall da, wo Chlorophyllkörper liegen. Dieselben sind also absolut nothwendig für die Assimilation. Durch sinnreiche Versuche konnte Engelmann feststellen, dass zwischen dem Moment des Lichteinfalls und dem Beginn der Sauerstoffentwicklung als Produkt der Assimilation keine messbare Zeit vergeht, ebenso hört die Sauerstoffentwicklung an den Chlorophyllkörpern im Moment der Lichtentziehung auf. Alle[3]) nicht chlorophyllhaltigen Organe der Pflanzen, z. B. die Wurzeln, unterirdische Knollen, Blüthenblätter, Staubgefässe, chlorotisch weisse Blätter, die im Finstern gewachsenen gelben etiolirten Blätter, die nicht grünen Schmarotzer und Pilze, können nicht assimiliren. In ihnen kann keine Neubildung von verbrennlicher, sauerstoffarmer organischer Substanz mit Ausscheidung freien Sauerstoffes stattfinden. Sie müssen ebenso wie die Thiere von aussen her organische sauerstoffarme Substanz in sich aufnehmen, weil sie des Organs entbehren, durch welches Kohlensäure zersetzt und organische Substanz erzeugt wird.

1) Bunge, Lehrb. d. Phys. und Path. Chemie. 1887, S. 34.
2) Engelmann, Arch. f. Physiologie. 1881, S. 289.
3) Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882, S. 360.

Der grüne Farbstoff ist gewöhnlich in Gestalt von weichen Körnern in den Pflanzen enthalten. Bei gewissen Algen finden wir grüne Bänder oder Platten. Bei den Florideen ist ausser dem Chlorophyll ein rother, bei den Fucaceen ein brauner, bei den Diatomeen ein gelber Farbstoff vorhanden, welcher das Chlorophyll theilweise ersetzt. Immer aber ist der Assimilationsvorgang an gefärbte Pflanzentheile gebunden.

Wir dürfen nicht unerwähnt lassen, dass die Allgemeingiltigkeit dieser Anschauung in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von WINOGRADSKY[1]) insofern eine Einschränkung erlitten hat, als die durch diesen Forscher entdeckte Bakterie *Nitromonas* ohne Chlorophyll, ohne Anwesenheit organischer Verbindungen, ja sogar bei vollständiger Dunkelheit im Stande ist, Ammoniak und Kohlensäure aufzunehmen und daraus Amidverbindungen zu bilden.

In diesem Fall findet Assimilation ohne Licht und ohne Chromophyll statt. Allein es scheint uns dadurch der Satz, dass der Assimilationsprozess grünender Pflanzen im Licht, die Quelle aller organischen Substanz sei, nur eingeschränkt zu werden; denn die Mehrzahl der Thiere leben doch auf Kosten grüner Pflanzen. Vielleicht aber erleichtert uns *Nitromonas* das Verständniss jener ältesten Zustände organischen Lebens auf der Erde, deren endgiltige Entwicklung zur Bildung des assimilirenden Chromophylles führte.

Da die meisten Pflanzen Chromophyll enthalten, so liegt es nahe, das Pflanzenreich als das Reich der assimilirenden Organismen, dem Thierreich gegenüber zu stellen. Aber wir haben schon gesehen, dass sich gewisse Pflanzen oder Pflanzentheile physiologisch wie Thiere verhalten, während andererseits eine ganze Reihe niederer Thiere echte Chromophyllkörner in ihren Geweben enthalten.

So wie in dem Thallus der Flechten eine Lebensvereinigung zwischen Pilzhyphen und Algenzellen vorhanden ist, so kennt man manche Thiere, in deren Gewebe assimilirende Chlorophyllkörner enthalten sind. Es bestehen noch Meinungsverschiedenheiten darüber, ob man solche grüne Körner als thierisches Chlorophyll bezeichnen darf, oder ob nur eine Symbiose zwischen Thierzellen und gewissen selbstständigen Algen stattfindet. Jedenfalls aber assimiliren diese Chlorophyllkörner unter dem Einfluss des Lichtes im Gewebe der Thiere, indem sie Kohlensäure spalten, und Sauerstoff abscheiden. Auch darüber ist man noch nicht in allen Fällen klar, ob diese Algen im Stande sind, das Thier, in dessen Gewebe sie leben, vollständig oder zu einem grösseren Theil zu ernähren.

Chlorophyllkörner und die nahe verwandten „Gelben Zellen“ oder Xanthellen hat man[2]) in folgenden Thieren beobachtet:

Foraminiferen: *Orbitolites sp. Globigerina echinoides.*
Radiolarien: in mehr als 100 Arten.
Infusorien: in vielen Arten.

---

1) Referat im Landw. Jahrbuch. 1891, S. 183.
2) Nach BRANDT u. GEZA ENTZ, Biol. Centralblatt I, 524, 646.
BRANDT, Mittheil. zool. Stat. Neapel 1883, S. 193.
GEDDES, Nature, XXV, S. 303, 361.
DANGEARD, Compt. Rend. Acad., 108, S. 1313.

Spongien: *Spongilla. Hircinia variabilis. Reniera cratera.*
Hydromedusen: *Sarsia. Aglaophenia. Hydra viridis. Rhizostoma Cuvieri. Cassiopeia borbonica.*
Siphonophoren: *Velella. Porpita.*
Anthozoen: *Anemonia sulcata. Paralcyonium elegans. Gorgonia verrucosa. Anthea cereus. Anthea cinerea. Ceriactis aurantiaca. Helianthus troglodytes. Heliactis bellis. Adamsia diaphana. Actinia aurantiaca. Aiptasia diaphana. Aiptasia chamaeleon. Cladocora caespistosa. Porites lutea.*
Echinodermen: *Echinocardium cordatum. Holothuria tubulosa.*
Bryozoen: *Zoobothrium pellucidum.*
Würmer: *Bonellia viridis. Vortex viridis. Chaetopterus sp. Convoluta Schultzii. Mesostomum viridatum. Eunice gigantea.*
Krebse: *Idotea viridis.*
Muscheln: *Tridacna.*

Gleichzeitig mit dem Vorgang der Assimilation vollzieht sich, in den Pflanzen genau wie in den Thieren, der Vorgang der Athmung. Während die Assimilation der Pflanzen Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff ausscheidet, athmen die Pflanzen und Thiere Sauerstoff ein, um Kohlensäure auszuscheiden. Daher ist der Sauerstoff eine nothwendige Bedingung für thierisches wie für pflanzliches Leben. Wenn wir in der Assimilation den Vorgang erblicken müssen, welcher organisches Leben möglich macht, so ist die Athmung zugleich mit der Nahrungsaufnahme derjenige physiologische Prozess, welcher das Leben erhält. Die Athmung ist im Pflanzenreich wie bei den Thieren am stärksten in bewegten wachsenden, am schwächsten in ruhenden Theilen, und je lebhafter die Bewegung oder das Wachsthum eines Organes ist, desto lebhafter ist in ihm der Verbrauch von Sauerstoff und die Ausscheidung von Kohlensäure.

In der atmosphärischen Luft sind 21 % Sauerstoff und 79 % Stickstoff enthalten, in der Luft im Seewasser kommen aber 34 % Sauerstoff auf 66 % Stickstoff. Verschiedene Faktoren, wie Sonnenbelichtung, Thierreichthum und Temperatur verändern zwar diese Zahlen, immerhin aber ist der Sauerstoffgehalt der im Seewasser enthaltenen Luft grösser als der in der Atmosphäre.

Diese Thatsache ist von hervorragender bionomischer Bedeutung, denn der Sauerstoffreichthum des Meeres gestattet eine viel reichere Entfaltung organischen Lebens, als sie unter sonst gleichen Umständen auf dem Festlande möglich ist. Die Wasserpflanzen ebenso wie die eigentlichen Wasserthiere sind allseitig von einer sauerstoffreichen Flüssigkeit umgeben. Infolgedessen athmen beide in der Regel mit ihrer gesammten Körperoberfläche oder mit Körperanhängen, die wir als Kiemen bezeichnen. Während bei den Landpflanzen besondere Luftwege im Gewebe vorhanden sind und die Landthiere ebenfalls mit besonders differenzirten inneren Organen athmen.

Ein wichtiger Faktor für das organische Leben auf der Erde ist endlich die Temperatur; denn es ist bekannt, dass das Protoplasma durch sehr hohe und sehr niedrige Temperaturen zerstört und getödtet wird. Die Mehrzahl der Pflanzen und Thiere verlangen zu ihrem Ge-

deihen eine innerhalb enger Grenzen schwankende Wärme, dennoch giebt es Organismen, welche sehr hohe Temperaturen ziemlich gut ertragen. Und da wir annehmen dürfen, dass die Temperatur des Erdballes früher eine höhere gewesen sei, dass der Urozean mehrere hundert Grad warm gewesen sein muss, so interessirt es uns aus der Gegenwart zu erkennen, welches die höchsten Temperaturen sind unter denen noch lebende Organismen beobachtet[1]), wurden.

Lebende Wasserpflanzen wurden gefunden
in 45° C. von W. THOMSON,
„ 54° C. „ HOPPE SEYLER,
„ 55° C. „ COHN,
„ 56° C. „ SPENCER, v. HOCHSTETTER, PARTZ, WOOD,
„ 70° C. „ MOSELEY,
„ 72° C. „ DANA, BICKMORE,
„ 75° C. „ HOOKER,
„ 85° C. „ EHRENBERG, WEED, HAYDEN, BREWER, W. THOMSON.

Der[2]) *Bacillus thermophilus* gedeiht am besten bei 65—70° C., wächst aber noch bei 72° C.

Paludina[3]) *muriatica Lk.* lebt in den Thermen von Abano und Pisa in 44—56° C.

Das Wasser[4]) der heissen vulkanischen Quellen im Greethafen auf Neupommern scheint die Meeresfauna nicht zu belästigen, denn *Ostrea cucullata* lebt dort in 45° C. warmem Wasser, während eine *Neritina thermophila* noch in 52° C. warmem Wasser gefunden wurde.

Auch manche Landpflanzen ertragen höhere Temperaturen ohne Schaden. So beobachtete GÖPPERT[5]) über den brennenden Kohlenflötzen von Plaenitz an einer Stelle, wo der Erdboden in 8 cm Tiefe noch 45° C. warm war, folgende Arten:

Dicranum purpureum	*Hypochaeris radicata*
Bryum cespiticium	*Poa annua*
„ *argenteum*	*Polygonum aviculare*
Funaria hygrometrica	*Agrostis vulgaris.*

Obwohl das vitale Temperaturminimum für die Frage nach dem ersten Auftreten des organischen Lebens ohne Bedeutung ist, so wollen wir doch der Vollständigkeit halber auch hierüber einige Daten geben.

Nach den Versuchen von POUCHET[6]) und ROEDEL[7]) erfrieren niedere Thiere bei verschiedenen Temperaturen:

Daphnia pulex	erfriert bei	0° C.
Aulostomum gulo	„ „	2° C.
Argyroneta aquatica	„ „	4° C.
Cyclops sp.	„ „	6° C.
Helix hispida	„ „	8° C.

1) Nach WEED, Ann. Rep. U. St. Geol. Survey IX, S. 620. und CHALLENGER, Narrative II, S. 654.
2) MIQUEL, Centralbl. f. Bakterienkunde 1889, S. 282.
3) BRONN, Geschichte der Natur II, 3. S. 46.
4) Gazellenexpedition I, S. 245; III, S. 254.
5) GOEPPERT, Archiv f. Naturg. III, 1837, S. 210.
6) POUCHET, Journal d'Anat. et Physiol. III, 1866, S. 1. zitirt in:
7) ROEDEL, Ueber das vitale Temperaturminimum wirbelloser Thiere. Halle 1881, S. 33.

Helix pomatia	„	„	10—18° C.
Astacus fluviatilis	„	„	11—14° C.
Limnaeus stagnalis	„	„	14—18° C.
manche Insekten erst bei			18—20° C.

Für viele Thiere stehen Intensität und Dauer der für das Erfrieren nothwendigen Kälte im umgekehrten Verhältniss. Es lässt sich bei ihnen nicht schlechtweg von einem vitalen Temperaturminimum sprechen, vielmehr tritt der Tod bei sehr verschiedener Temperatur je nach der Länge der Einwirkung der Kälte ein.

Völlig gefrorene Thiere, die ein gesondertes Zirkulationssystem haben, beleben sich nicht wieder. Sobald das Blut in den Gefässen einmal erstarrt war, so ist ein Wiederaufleben ausgeschlossen.

Die Organismen des Landes sind bekanntlich durch äussere Schutzmittel im Stande, viel niedrigere Temperaturen ohne Schaden zu ertragen. Für die Organismen des Meeres muss man in dieser Hinsicht der Thatsache Rechnung tragen, dass das Meerwasser bei —3° C. friert; dass also eine grössere Temperaturerniedrigung für diese überhaupt nicht in Frage kommen kann.

Wir könnten zum Schluss noch der Nahrung und der Nährsalze gedenken, welche für dss Leben der organischen Welt nothwendig sind, allein die Frage der Nahrung hängt mit dem Problem der Assimilation aufs Engste zusammen, und die Nährsalze sind in der Erdrinde wie im Wasser so allgemein verbreitet, dass sie für die Beurtheilung der Frage nach dem ersten Auftreten des Lebens auf der Erde bedeutungslos sind.

Blicken wir zurück auf die Bedingungen, welche in der Gegenwart organisches Leben ermöglichen, so können wir, zusammenfassend, folgende sechs aufzählen: Flüssiges Wasser, Licht, Kohlensäure, Chlorophyll, Sauerstoff, eine Temperatur unter 85° C. und für die Wasserorganismen über —3° C. So lange das Wasser noch in Dampfform in der Atmosphäre schwebte, so lange kein Sonnenstrahl die Dampfwolken durchbrach, konnte keine organische Bewegung entstehen (höchstens konnte damals Nitromonas existiren) und wenn wir aus den Erscheinungen der Gegenwart auf diese Uranfänge des Lebens zurückschliessen dürfen, so musste das Leben mit chromophyllhaltigem Protoplasma in dem diaphanen Gebiet beginnen; und wenn damals eine Tiefsee existirte, so war sie unbelebt.

2. Die Lebensbezirke des Meeres.

Mit Rücksicht auf die allgemeine Oekonomie des organischen Lebens haben wir die Erdoberfläche in dem vorhergehenden Abschnitt in zwei Gebiete zerlegen können. Das diaphane Gebiet, welches das Festland und die obersten Wasserschichten begreift, wird von assimilirenden Organismen bewohnt; das aphotische Gebiet der Tiefsee beherbergt keine Wesen, welche anorganische Stoffe in den Kreislauf organischer Kohlenstoff-Verbindungen aufnehmen und Protoplasma bilden können.

Infolgedessen ist das diaphane Gebiet nicht nur heutzutage die bionomische Voraussetzung der aphotischen Region, sondern diese letztere muss auch im Laufe der geologischen Vergangenheit von jenem durchleuchteten Gebiet aus besiedelt worden sein.

So gross auch die fundamentale Wichtigkeit dieser beiden Lebensbezirke ist, und so sehr wir uns des Gegensatzes, in dem sie stehen, bei allen weiteren Betrachtungen bewusst bleiben müssen, so wollen wir doch unseren Besprechungen ein anderes Eintheilungsprinzip zu Grunde legen, welches nicht nur den einen Faktor der Assimilation, sondern auch noch andere physikalische Umstände berücksichtigt. Vorher aber wollen wir einige topographische Fragen über die Dimensionen des Meeres besprechen.

Das Weltmeer der Gegenwart bildet eine ununterbrochene Fläche von etwa 370 Millionen □km, so dass sich der Flächenraum des Festlandes zu dem des Meeres wie 3 : 8 verhält. Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass das Weltmeer eine einheitliche Fläche darstellt und das Kaspische Meer mit 440 000 □km das einzige grössere isolirte Wasserbecken des Festlandes darstellt.

Die südliche Hemisphäre ist unverhältnismässig wasserreicher; eine Thatsache, welche auf Erdkarten leicht übersehen wird, weil die Kartographen auf Karten in Mercators Projektion gewöhnlich den Aequator etwa 20 Breitengrade unterhalb der Mittellinie des Bildes eintragen.

Dieser Gegensatz findet seine Ursache nicht etwa darin, dass auf der Südhemisphäre entsprechend mehr seichte Meerestheile sind, sondern wenn das allgemeine Meeresniveau 200 m niedriger stände, so würde die Nördliche Halbkugel verhältnismässig noch landreicher sein.

Die Fläche des Meeres im Verhältniss zu den darin eingefügten Festländern wird in hohem Masse beeinflusst von der Höhe der Wasser-

schicht des Ozeans. Würde[1]) das Meeresniveau 1000 m höher sein, so verschwänden 80 % aller jetzigen Festländer.

Der Gegensatz von Festland und Ozean deckt sich nicht mit dem Unterschied zwischen Kontinent und Meeresbecken. Die Kontinente[2]) sind jene grossen Reliefformen der Erdrinde, welche als älteste und grösste Horste zwischen einsinkenden Rindentheilen stehen blieben; Festland aber ist alles feste Land im Gegensatz zu den wasserbedeckten Gebieten der Erdoberfläche. Ein Kontinent kann vom Meere transgredirend völlig überspült werden; das Festland verschwindet, aber der Kontinent bleibt erhalten.

In der Regel sind die Ränder der Kontinente von einem mehr oder minder breiten Wassersaum überspült, so dass das Relief des Meeresbodens um die meisten Küsten eine mit flachem Wasser bedeckte Terrasse erkennen lässt, jenseits deren der Meeresboden zu den grösseren Tiefen ziemlich steil abstürzt.

Wenn man z. B. auf einer Seekarte der Westküste von Nordafrika die Tiefen des benachbarten Atlantik sorgfältig studirt, so findet man[3]) bei Cap Ghir in den auf einander folgenden gleichen Abständen folgende Tiefen: 16, 66, 91, 119, 155, 174, 248, 578 m. Der Meeresboden sinkt also bis in eine Tiefe von etwa 200 m sehr langsam, dann wird der Neigungswinkel bis in Tiefen von 5000 m wesentlich steiler, um von hier ganz allmählig in die flachen Neigungen des Tiefseebodens überzugehen.

Dieser Gürtel eines flacheren Meeresgebietes, welcher die meisten Kontinentalküsten umsäumt, und der bei Irland 550 km breit ist, heisst die Hundertfadenstufe oder Kontinentalstufe.

Ueber die Entstehung dieser sonderbaren Erscheinung gehen die Meinungen noch auseinander. F. v. Richthofen hält[4]) sie für eine Schuttterrasse lockeren Materials, während ich sie als eine Bildung aus anstehendem Felsen betrachte, welche durch die Abrasion der Brandung entstanden ist.

Jedenfalls gehört die Kontinentalstufe topographisch zum Kontinent, obwohl sie vom Meere überspült ist.

Nur künstlich kann man die geschlossene Fläche des Weltmeeres in einzelne Ozeane theilen. Eine im Jahre 1847 niedergesetzte Kommission der Geographischen Gesellschaft zu London hat folgende Eintheilung mit Erfolg vorgeschlagen:

1) Der Atlantik, begrenzt im Norden und Süden durch die beiden Polarkreise, im Westen durch die Ostküste von Amerika und durch den Meridian von Cap Horn, im Osten durch die Küsten von Europa und Afrika und den Meridian des Cap Agulhas.

Der Atlantik besitzt eine S-förmige Gestalt, seine Ränder werden nicht von Faltengebirgen begleitet; viele Flüsse münden in seine im Norden reich gegliederte Küste, zwei Mittelmeere treten beiderseits tief in die Ländermassen hinein; die atlantischen Inseln sind meist Vulkane.

---

1) Penk, Mitth. Geogr. Ges. Wien 1886.
2) J. Walther, Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1886. XX, S. 27.
3) West Coast of Africa, 2. Azamor to St. Cruz. Nr. 1228.
4) F. von Richthofen, Führer für Forschungsreisende. S. 414.

2) Der Indik, begrenzt im Norden durch Asien, im Westen durch Afrika und den Meridian von Cap Agulhas, im Osten durch die Sundainseln, Australien und den Meridian von Tasmanien, im Süden durch den Polarkreis. Der Indik sendet nach Norden tiefe Buchten in das Land hinein, seine Inseln sind entweder grosse Kontinentalinseln (Madagaskar, Ceylon) oder Korallenarchipele.

3) Der Pazifik, im Norden begrenzt durch die Behringsstrasse, im Westen durch Asien, Sundainseln und Australien, sowie den Meridian von Tasmanien, im Osten durch Amerika und den Meridian von Cap Horn, im Süden durch den Polarkreis. Der Umriss des Pazifik wird gebildet von gewaltigen Faltengebirgen, welche nur von wenigen Flüssen durchbrochen werden und nur auf der Westseite durch Randmeere gegliedert sind. Die meisten Inseln sind Korallenarchipele, nur wenige Gruppen sind vulkanisch.

4) Der Arktik wird vom nördlichen Polarkreis begrenzt.

5) Der Antarktik vom südlichen Polarkreis.

Den obengenannten selbstständigen[1]) grossen Meeresbecken stehen die Mittelmeere und Randmeere gegenüber. Die Mittelmeere sind von grossen Festländern rings umschlossen und haben wenige Ausgänge nach dem offenen Ozean. Dagegen sind die Randmeere Theile des Ozeans, welche durch Inselketten an den benachbarten Kontinent angeschlossen werden (Ostküste von Asien).

Wir können ausserdem das Gebiet der seichten Kontinentalstufe als Kontinentalrand von den eigentlichen tieferen Meeresbecken unterscheiden; überspülte Tafelländer bezeichnet man[2]) als Pfanne (Hudsonbai), während die Karische See als Rückmeer von vorliegenden Faltenzügen abgegrenzt wird.

Der von Kruemmel hervorgehobene Gegensatz zwischen selbstständigen Ozeanen und unselbstständigen Meerestheilen äussert sich in binomischer Hinsicht nach verschiedenen Seiten.

Die selbstständigen Meeresräume besitzen eine grosse Gleichartigkeit der Existenzbedingungen. Der Salzgehalt, die Temperatur, die Beschaffenheit des Meeresbodens ändern sich nur in sehr geringem Maasse, infolgedessen müssen auch alle diejenigen Organismen, welche von jenen Bedingungen abhängig sind, eine weite Verbreitung besitzen.

Unselbstständige Meeresräume werden durch eine Reihe von Faktoren einem häufigen Wechsel unterworfen. Sie stehen in einer vielfachen Abhängigkeit von dem benachbarten Festland. Süsswasserströme verändern den Salzgehalt; Niveaudifferenzen verändern die Temperatur; eingeführte Sedimente geben mannichfaltige Existenzbedingungen; und während die selbstständigen Meeresräume von Niveauschwankungen des Meeresspiegels nur wenig betroffen werden, beeinflussen solche das flache Gebiet der Kontinentalstufe, der Randmeere, und der Mittelmeere oft und leicht. Eine Folge dieses örtlichen und zeitlichen Wechsels in den äusseren Umständen ist der Formenreichthum der litoralen Organismenwelt.

Die planimetrische Betrachtungsweise des Meeres verlangt aber als nothwendige Ergänzung eine kurze Besprechung der Meerestief-

1) Kruemmel, Göttinger gel. Anz. 1879, S. 385.
2) Suess, Antlitz der Erde II, S. 43 und 82.

fen. Wenn wir uns einen Globus herstellen würden, auf dem jede geographische Meile einem Millimeter entspricht, so erhielten wir eine Erdkugel von rund 1720 mm Durchmesser, also von der Höhe eines erwachsenen Mannes. Auf diesem Globus würde die Höhe des Gaurisankar (8840 m) etwas über 1 mm betragen, die grösste, bisher gelothete Tiefe des Meeres bei den Kurilen (8513 m) würde ebenfalls etwas grösser als 1 mm sein und die mittlere Tiefe des Meeres (3440 m) etwa $^1/_2$ mm betragen. Das Weltmeer ist also im Verhältniss zum Erdganzen ein sehr dünnes Wasserhäutchen, welches sich als lückenhafte Hülle um eine grosse Kugel herumlegt.

Auf den Unterschied zwischen Kontinentalstufe und Meeresbecken haben wir schon aufmerksam gemacht, er bezeichnet die grössten morphologischen Gegensätze des Weltmeeres. Man kann ausserdem die fast ebenen Gebiete der Kontinentalstufe und des Bodens der Tiefsee, dem Abfall der Kontinentalränder und dem Gebiet der Inselarchipele gegenüberstellen. Die Neigung des Meeresbodens bezw. die Veränderung der Meerestiefe erfolgt auf der Kontinentalstufe und in der Tiefsee unter sehr geringen Winkeln. Meist beträgt die Neigung nur Bruchtheile eines Grades.

Anders verhält es sich im Gebiet des Kontinentalabfalles und der Archipele. Hier sind grosse Böschungswinkel keineswegs selten und Neigungen über 1° sehr charakteristisch. An der[1]) Norwegischen Küste unter 69° N. Br. fällt der Meeresboden unter 9° 25' ab, während die Gazelle bei der Insel Amsterdam 254 m von der Küste entfernt, einen Böschungswinkel von 80° feststellte.

Eine bemerkenswerthe Ausnahme macht die Flämische Kappe im Nordatlantik[2]), hier fand der „FARADAY“ folgende Winkel in einer Tiefe von 512—3559 m zuerst:

4°, 6°, 10°, 15°, 29°, 8°, 7°, 5°,

dann in grösserer Tiefe:

2°, 5°, 17°, 9°, 9°, 9°, 10°, 6°, 6°, 5°, 2°,

an einzelnen Stellen des Faradayhügels aber:

17°, 13°, 9°, 18°, 11°, 35°, 25°, 19°.

Der Boden ist mit grossen Steinen überstreut.

Allein in der Regel ist der Boden in grösseren Tiefen überaus eben und gleichmässig geformt.

Wenn wir von den geographischen Verhältnissen der Meeresräume als geometrisch umgrenzter Gebiete absehen, und die verschiedenen Typen bionomischer Beziehungen zur Grundlage einer Klassifikation machen, so können wir 6 verschiedene Lebensbezirke des Meeres unterscheiden: das Litoral, die Flachsee, die Aestuarien, das offene Meer, die Tiefsee und die Archipele.

Das Litoral ist derjenige Theil des Festlandes, welcher in meteorologischen oder bionomischen Beziehungen zum Meere steht, und derjenige Theil des Meeresgrundes, welcher bei Ebbe trocken liegt. Es ist ein amphibisches Zwischenreich zwischen Festland und Ozean. Die Organismenwelt des Landes dringt durch das Litoral

---

1) THOULET, Océanographie. 1890, I, S. 165.
2) KRUEMMEL, Annal. für Hydrogr. 1883, S. 146.

gegen das Meer vor, während Meeresbewohner weit ausserhalb der Wassergrenze noch ins Land hineinwandern. Felsige Steilufer oder sandige Flachküsten, schlammige Lagunen und zackige Korallenklippen rufen einen beständigen Wechsel aller äusseren Umstände hervor, welche durch geringe geologische Veränderungen leicht umgestaltet werden können. Ein Ansteigen der Nordsee um 50 m, würde den grössten Theil von Dänemark unter den Meeresspiegel versenken, und ein Sinken des Wassers um 50 m würde weite Strecken des Nordseebodens landfest machen. Sobald das Behringsmeer um 50 m sinkt, so ist sofort Europa mit Amerika verbunden, und der Arktische Ozean vom Pazifik getrennt. Kurzum, keine noch so geringfügige geologische Veränderung kann geschehen, ohne die Lebensverhältnisse des Litorals gründlich umzugestalten.

Die Höhe des Gezeitenunterschiedes kann 10 m betragen, und bedingt eine täglich wiederkehrende Veränderung aller Existenzbedingungen des Litorals. Vorgänge im Innern eines Festlandes, wie die Verlegung einer Wasserscheide, wandeln die bionomischen Verhältnisse des Strandes rasch um, und jeder Sturm verändert die Grenze zwischen Festland und Meer.

Die Flachsee umfasst das Gebiet der Kontinentalstufe und alle Theile des Meeresbodens, welche zu der diaphanen Region gehören. Die Flachsee ähnelt in mancher Hinsicht dem Strand, mit dem sie aufs engste verbunden ist, und leidet wie dieser, wenn auch nicht so eingreifend unter dem Einfluss jeder geologischen Veränderung der Küstenländer und des Meeresspiegels. Rascher Wechsel der Sedimente, häufige Veränderung des Salzgehaltes durch einströmende Flüsse, ein Wechsel in der Ernährung und Belichtung des Wassers, beeinflussen die dort lebende Flora und Fauna. Die Flachsee ist meist vom Tageslicht vollkommen erleuchtet, infolgedessen ist sie das Wohngebiet aller festsitzender Meerespflanzen und aller Thiere, welche von diesen leben. Aber auch die Mehrzahl der festsitzenden Thiere, besonders die Riffkorallen, finden den zu ihrem Gedeihen nöthigen Boden am besten in der Flachsee.

Die Aestuarien oder die Mündungsgebiete der Flüsse beanspruchen eine gesonderte Behandlung, denn sie sind das Thor, durch welches wasserbewohnende Thiere und Pflanzen aus dem Meer in das Festland gelangen. Die viel veränderten Sandbänke und Schlamminseln, bewachsen mit einer eigenartigen Flora; der beständige Wechsel im Salzgehalt des Wassers; das Auftreten salzreicher Lagunen und halbsüsser Gewässer; der Mangel einer Brandung und die Höhe der Gezeiten sind charakteristische Eigenschaften der Aestuarien. Im Gefolge derselben finden wir eine Fauna und Flora, welche von dem Wechsel des Salzgehaltes sehr wenig beeinflusst wird. Im Anschluss an die Aestuarien haben wir der Reliktenseen und Binnenseen zu gedenken, insofern sie von marinen Organismen bewohnt werden.

Das offene Meer steht im direkten Gegensatz zu dem Litoral und den Aestuarien, während es manche Charaktere mit der Flachsee gemein hat. Durch kein Flusswasser getrübt, ohne eine andere Begrenzung als Wasser und Luft, mit gleichmässigem Salzgehalt und geringen Temperaturdifferenzen umspannt das Weltmeer die Erde, und wenn nicht die Meeresströmungen wären, so würden die auf demselben

Breitengrad liegenden Gebiete des offenen Meeres vollkommen gleiche Existenzbedingungen darbieten. Eine kosmopolitische Fauna und Flora freischwimmender oder passivtreibender Organismen bewohnt das offene Meer und vollzieht seltsame vertikale Wanderungen durch die übereinanderliegenden Wasserschichten. Grosse Tiefe des Wassers ist charakteristisch für das offene Meer, daher fehlen ihm festsitzende Thiere und Pflanzen und alle diejenigen Thiere, welche harte Panzer und schwere Gehäuse besitzen. Da die oberen Schichten des offenen Meeres zu dem diaphanen Gebiet gehören, so werden die tieferen Regionen von hier aus mit Nahrung versehen.

Die Tiefsee ist der Boden des tiefen Wassers im offenen Meer. Eintönigkeit und Unveränderlichkeit aller Existenzbedingungen über weite Strecken ist die vornehmste Eigenschaft der Tiefsee. Die Charaktere der Sedimente bleiben sich über grosse Flächen vollkommen gleich. Die Temperatur schwankt nirgends, eine etwa vorhandene Wasserbewegung ist unmerkbar langsam. Strömungen fehlen vollkommen und die Klimazonen, welche die oberen Schichten des offenen Meeres in ihrer Temperatur und der Richtung ihrer Strömungen beeinflussen, existiren für die Tiefsee nicht. Da die Tiefsee aphotisch ist, so fehlen ihr alle assimilirenden Pflanzen, und muss sie von der diaphanen Region ernährt werden. Die Thierwelt der Tiefsee ist vom Pol bis zum Aequator und längs der Breitengrade von überaus ähnlicher Zusammensetzung; stockbildende Thiere sind selten, Mollusken treten zurück.

Die Archipele bieten eine seltsame Verbindung von Land und Meer, von Litoral und Flachsee, von offenem Meer und Tiefsee dar. Nahe an einander gerückt sind die mannichfaltigen Existenzbedingungen der Flachsee mit der Eintönigkeit der Tiefsee. Süsswasserorganismen leben nahe bei den Bewohnern des offenen Meeres. Während die Basis der Inseln sich mit geringem Neigungswinkel aus der umgebenden Tiefsee erhebt, wird die Böschung nach obenhin steiler, der vorher weiche Boden wird felsig, und aus der aphotischen Region gelangen wir in das Gebiet der assimilirenden Pflanzen, der festsitzenden Thierstöcke, ja sogar des Festlandes und des Süsswassers. Die Reste von Landthieren mischen sich am Meeresgrunde mit den Skeletten von Tiefseethieren, und die Bewohner des offenen Meeres mit den Blättern von Landpflanzen, so dass eine grosse Fülle heterogener Lebenserscheinungen in den Archipelen vereint auftritt und hier der Uebergang von einem Lebensbezirk in den anderen am leichtesten erfolgen konnte.

Es wird unsere künftige Aufgabe sein, die hier kurz besprochenen Lebensbezirke des Meeres in besonderen Abschnitten ausführlich zu behandeln, mit grösserer Vollständigkeit und speziellen Belegen ihre bionomischen Charaktere zu schildern, und die Beziehungen bestimmter Floren und Faunen zu bestimmten äusseren Umständen näher ins Ange zu fassen.

3. Die Organismen des Meeres.

Pflanze und Thier sind in ihren festländischen Vertretern so leicht zu unterscheiden, dass man nur selten im Zweifel sein kann, welcher von beiden Gruppen ein bestimmtes Wesen zuzuordnen ist. Die freie Beweglichkeit, der gedrungene Bau der landbewohnenden Thiere lässt diese von den festgewachsenen, vielverzweigten Pflanzen so leicht unterscheiden, dass nur ein sorgfältiges Studium die gemeinsamen Eigenthümlichkeiten beider erkennbar macht.

Dagegen sind die thierischen und pflanzlichen Bewohner des Meeres nach jenen äusserlichen Merkmalen nur schwer zu unterscheiden. Die Spongien, Hydroiden, Korallen, Ascidien sind häufig so pflanzenähnlich, und andererseits sind viele mikroskopische Algen so übereinstimmend mit den niederen Thieren, dass jene auf dem Festland giltigen Gegensätze sich überall verwischen. Selbst das Vorkommen von Chlorophyll ist keineswegs auf die Meerespflanzen beschränkt und viele Meeresthiere gehören in das Reich der assimilirenden Organismen. Auch von dem Standpunkt der allgemeinen Chorologie und Bionomie treten die morphologischen Unterschiede zwischen Meerespflanzen und Meeresthieren zurück, und dafür treten andere Verhältnisse in den Vordergrund.

Wir folgen HAECKEL[1]), indem wir hier die Gliederung der Organismen nach bionomischen Charakteren auseinandersetzen:

Die Gesammtheit der marinen Fauna und Flora bezeichnet man als Halobios, diesem steht gegenüber das Reich der Süsswasserorganismen als Limnobios, und die Organismen des Festlandes als Geobios. Der Halobios ist wahrscheinlich der Ursprung aller irdischen Lebewesen, aus ihm haben sich die Bewohner der Flüsse und Seen, sowie die Pflanzen und Thiere des Festlandes im Laufe der geologischen Vergangenheit entwickelt. Nach der Art der Lebensweise und nach den Anpassungen an bestimmte äussere Existenzbedingungen können wir den Halobios in drei verschiedene Gruppen eintheilen, welche zwar durch viele Uebergänge verknüpft sind, dennoch in bionomischer Hinsicht verschiedene Typen darstellen, nämlich: das Benthos, das Nekton und das Plankton.

---

1) HAECKEL, Planktonstudien. Jena 1890, S. 18 f.

Das **Benthos** umfasst alle Thiere und Pflanzen, welche sich am Meeresboden aufhalten, hier entweder festsitzen und angewachsen sind (sessiles Benthos), oder laufen und kriechen (vagiles Benthos).

Zu dem **sessilen Benthos** gehören die meisten grünen Meeresalgen, viele Diatomeen, alle Florideen, alle Tange und Seegräser. Nur das *Sargassum* und einige verwandte Tange gehören in späteren Stadien ihrer Entwicklung dem Plankton an. Die festsitzenden Meeresalgen haben kein Organ, welches der Wurzel der landbewohnenden Pflanzen entspricht, denn sie sind allseitig von einer Nährflüssigkeit umgeben, aus der sie mit ihrer gesammten Körperoberfläche die zu ihrem Gedeihen nöthigen Stoffe entnehmen können. Ihre sogenannte Wurzel ist bloss ein Haftorgan, mit Hilfe dessen sie sich auf Steinen oder in Sand- und Schlammboden festklammern. In der Regel besteht die auf diesem Haftorgan sitzende Pflanze aus vielfach zerschlitzten Blättern, welche der Wasserbewegung keinen grossen Widerstand entgegensetzen; oder das Pflanzengewebe hat ein knorpeliges Gefüge, so dass es mechanischen Angriffen gegenüber sehr widerstandsfähig ist.

Auch im Thierreich ist die festsitzende Lebensweise weit verbreitet. Festsitzende Formen kennt man bei Foraminiferen, Infusorien, Spongien, Hydroiden, Medusen, Korallen, Crinoiden, Würmern, Brachiopoden, Bryozoen, Muscheln, Schnecken, Cephalopoden, Cirrhipedien und Tunicaten.

Die Spongien, Hydroiden, Korallen, Crinoiden, Brachiopoden, Bryozoen, Cirrhipedien führen sogar fast ausnahmslos eine festsitzende Lebensweise.

Zwar ist das sessile Benthos am Strand und in der Flachsee weit verbreitet, allein auch die Tiefsee wird von festsitzenden Thieren bewohnt; und wenn wir bedenken, dass *Lepas* sich mit Vorliebe auf treibendem Holz und Bimstein ansiedelt, so finden wir sogar festsitzende Thiere als Bewohner des offenen Meeres.

Es ist[1]) eine bemerkenswerthe Thatsache, dass auf dem Festland, dem Reich der festgewachsenen Pflanzen, kein einziges festsitzendes Thier gefunden wird, sofern wir hier von den parasitisch lebenden Thieren absehen. Dagegen ist die festsitzende Lebensweise bei den Meeresthieren der verschiedensten Klassen so häufig und constant, dass man diese Einrichtung als eine nothwendige Erscheinung im Haushalt des Meeres betrachten muss.

In der Mehrzahl der Fälle kann man zeigen, dass die sessile Lebensweise eine später erworbene ist, und dass man die festsitzenden Thiere von freilebenden Formen ableiten muss; unter diesen Umständen ist die besprochene Erscheinung um so bemerkenswerther.

Die festsitzende Lebensweise gewährt den Thieren in erster Linie Schutz gegen die Wasserbewegung, dann aber einen Schutz gegen die Nachstellungen ihrer Feinde. Die Augen der niederen Thiere sind wohl im Stande Bewegungen wahrzunehmen, aber meist unfähig Formen zu unterscheiden. Infolgedessen sind alle festsitzenden Thiere, sofern sie nicht durch ihre Farbe oder ihren Geruch auffallen, gegen Nachstellungen gut geschützt.

---

1) A. Lang, Ueber den Einfluss der festsitzenden Lebensweise auf die Thiere. Jena 1888.

Die festsitzende Lebensweise stellt keine hohen Anforderungen an die Organisation, und ermöglicht einen geringen Stoffwechsel. Mit dem Aufgeben der aktiven Ortsbewegung verkümmern die Bewegungsorgane, oder werden in Organe der Nahrungsergreifung und der Athmung umgewandelt. Die Augen werden unnütz, verkümmern, oder fehlen auch ganz, dagegen werden Tastorgane in reicher Zahl und Ausbildung entwickelt.

Das Nervensystem lässt in vielen Fällen eine Rückbildung erkennen, aber bei den Crinoiden ist es viel höher entwickelt wie bei den freilebenden Echinodermen.

Zum Auffangen der Nahrung bildet sich ein Sammelapparat aus, der oft die Form eines Trichters besitzt und aus einem Kranz von gefiederten Tentakeln besteht, welche durch feine Flimmerhaare die Nahrungsbestandtheile nach dem am Grunde des Trichters gelegenen Munde führen.

Als Organe der Befestigung dienen Stiele, Haftscheiben, Wurzelausläufer, Röhren, Schalen. Im Zusammenhang damit steht es, dass die Sinnesorgane, die Greiforgane und Kiemenanhänge an das freie Körperende rücken. Der After fehlt in manchen Fällen, oder er rückt ebenfalls an das freie Ende des festgewachsenen Körpers.

Zn dem sessilen Benthos müssen wir auch die bohrenden Spongien, Würmer, Muscheln, Seeigel und Krebse rechnen, welche sich dadurch befestigen, dass sie ihren Körper in selbstgebildete Höhlen im Felsen oder in die Hartgebilde anderer Thiere einsenken.

Begattungsorgane fehlen meist, auch ist in manchen Fällen ein, wie es scheint secundär erworbener Hermaphroditismus vorhanden. Sonst kommt sowohl Diöcie wie Monöcie vor. Sehr gross ist das Regenerationsvermögen der festsitzenden Thiere, und in Zusammenhang damit steht das häufige Auftreten von Knospung und Stockbildung.

Die Korallen und Crinoiden zeigen einen ausgesprochenen radialen Ban, der auch bei manchen Spongien und in der Anordnung zusammengesetzter Ascidien auftritt.

Das vagile Benthos umfasst nur Thiere, während das Pflanzenreich in ihm nicht vertreten ist. Wenn wir absehen von gewissen Spongien und Korallen, welche nicht festgewachsen sind, und durch jede Welle am Meeresboden weitergerollt werden, so sind bei dem vagilen Benthos stets Bewegungsorgane vorhanden.

Die Thätigkeit[1]) der Bewegung ist nicht bloss die allerwichtigste des thierischen Lebens, sondern auch die allerschwierigste, was wir schon daraus erschliessen dürfen, dass keiner anderen Funktion eine so grosse Anzahl von Organen und ein solcher umfangreicher Theil der Körpermasse gewidmet ist. Es gilt die Trägheit des eigenen Körpers durch eigene Kraft zu überwinden; und dazu bedarf es nicht bloss einer passenden Anordnung der lokomotiven Apparate, sondern auch einer möglichst vortheilhaften Vertheilung der Körpermasse. Die bewegungslosen Pflanzen, ebenso wie viele festsitzende Thiere bilden einen vielverästelten Körper, der eine sehr grosse Oberfläche besitzt, und dessen Organe vielfach als Anhänge und Ausstülpungen des Körpers

1) Bergmann und Leuckart, Vergleichende Anatomie und Physiologie. Stuttgart 1855, S. 391.

erscheinen. Bei dem vagilen Benthos ist der Körper von gedrungener Form, und seine Körperanhänge dienen wesentlich der Ortsbewegung.

Der einfachste Fall der Ortsbewegung besteht darin, dass der Körper auf seiner Unterlage dahingleitet. So fliessen die Pseudopodien der Protozoen von einer Stelle zur andern, während Plattwürmer und Schnecken durch peristaltische Muskelkontraktion ihrer breiten Fusssohle gleiten. Bei Anneliden wird der Körper durch abwechselnde Krümmnng und Streckung bewegt, die Parapodien und Borsten dienen dazn, den sich schlängelnden Körper auf der Unterlage zu befestigen. Andere Thiere kriechen, indem sie Körperanhänge, welche mit Saugnäpfen oder Klammerorganen versehen sind, an Fremdkörpern befestigen, und dann den ganzen Körper nachziehen; so gewisse Würmer, Cephalopoden und die Echinodermen. Die langen Stacheln der Seeigel dienen ebenso als Beine wie die gegliederten Füsse der Krebse.

Bei allen kriechenden oder laufenden Thieren, mit Ausnahme vieler Echinodermen, kann man eine bilateralsymetrische Körperform nachweisen, und selbst die Mehrzahl der geologisch jüngeren Seeigel zeigt diese bilaterale Anordnung der äusseren und inneren Organe.

Der radiäre Bau des Körpers hat mit der allseitigen Vertheilung der Bewegungsorgane eine Zersplitterung der lokomotiven Kräfte zur Folge, die auf die Schnelligkeit der Ortsbewegung nicht ohne Einfluss bleibt. Deshalb finden wir, dass die streng bilateralsymetrischen Thiere sich meist rascher bewegen als radiär oder kugelig gebaute Wesen. Der Vorderabschnitt, welcher bei der Bewegung vorangeht, wird zum Kopf; hier erreicht das Nervensystem, die Sinnesorgane und der Apparat zur Ergreifung der Nahrung ihre höchste Ausbildung.

Mit der schnelleren Bewegung stellen sich komplizirtere Sinnesorgane ein und im allgemeinen finden wir bei den vagil benthonischen Formen eine höhere Stufe der Organisation als bei ihren sessilen Verwandten.

Während also in der Regel das Vorderende des Körpers als Kopf mit Sinnesorganen und Fresswerkzengen versehen ist, können wir ein Hinterende mit dem After und oft auch mit der Mündung der Geschlechtsdrüsen erkennen. Auch die Bauchseite kann gewöhnlich dentlich von dem Rücken unterschieden werden.

Stockbildung fehlt, auch innere Stützorgane erreichen nur geringe Ausbildung, dagegen ist der Körper oftmals mit äusseren Panzern und Schalen versehen.

Obwohl das vagile Benthos aktive Bewegungen ausführen kann, so ist doch das Ausmass solcher Ortsveränderungen ein relativ geringes. Das Benthos, selbst das vagile, zeigt so viele Anpassungserscheinungen an die äusseren Lebensbedingungen des Untergrundes, der Wasserbewegung, des Pflanzenwuchses, dass sowohl das sessile wie das vagile Benthos lokale, engumgrenzte Bezirke bewohnt.

Nach der Art seines Vorkommens kann man das litorale Benthos der Flachsee, von dem abyssalen Benthos der Tiefsee unterscheiden.

Das l i t o r a l e B e n t h o s der Flachsee umfasst alle benthonischen Pflanzen, denn nur in der diaphanen Region der geringen Wassertiefen vermögen festsitzende Pflanzen zu assimiliren und zu leben.

Infolgedessen gehören alle pflanzenfressenden Benthosthiere ebenfalls zum Gebiet der Flachsee. Auch eine grosse Zahl von Fleisch- und Schlammfressern sind durch ihre Lebensweise und Nahrung auf diese Region angewiesen, obwohl solche Formen natürlich auch in der Tiefsee leben können.

Das abyssale Benthos umfasst die eigentlichen Bewohner der Tiefsee, nämlich alle diejenigen Meeresthiere, welche am Boden des tiefen Wassers leben und gedeihen. Das Pflanzenreich ist dem abyssalen Benthos fremd, infolgedessen fehlen hier auch alle Pflanzenfresser. Viele Tiefseethiere bewohnen diese Region, weil sie hier jene unveränderliche Temperatur finden, die sie zu ihrem Gedeihen brauchen; andere schätzen den modererfüllten Tiefseeschlamm als Nahrungsmittel so hoch, dass sie deshalb von der Flachsee tief hinabsteigen; nur wenige Thiere zeigen besondere Anpassungerscheinungen an den hohen Druck, welcher dort herrscht.

Nahe verwandt mit dem vagilen Benthos, und durch viele Uebergänge mit ihm verbunden, ist das Nekton. Es umfasst solche Thiere, welche im offenen Meere leben und deren Bewegungsorgane kräftig genug sind, um selbst gegen den Strom zu schwimmen. Die Krebse, Cephalopoden und Fische, welche man als Nekton bezeichnen muss, besitzen in der Regel einen kielförmig gebauten Körper, dessen Gestalt einen möglichst geringen Widerstand gegen eine lineare Vorwärtsbewegung darbietet. Mit Hilfe ihrer kräftigen Muskulatur sind sie im Stande, sich rasch vorwärts oder rückwärts zu schnellen, und manche Fische können sogar ihre Flossen zu einem Fallschirm ausbreiten, welcher es ihnen ermöglicht, selbst ausser Wasser sich eine Strecke fortzubewegen. Welche Vortheile die „Fischgestalt" mit ihrem langen Körper, und der im Schwanze concentrirten Muskulatur darbietet, das erkennt man am besten aus der Form der Säugethiere, welche sich an das Leben im Wasser angepasst haben und in ihrem äusseren Habitus den Fischen sehr ähnlich geworden sind.

Eine scharfe Trennung zwischen Nekton und vagilem Benthos ist ebenso wenig möglich, wie zwischen jenem und dem Plankton, welches diejenigen Pflanzen und Thiere begreift, die passiv im Meere treibend leben, und in ihrer Organisation die mannichfaltigsten Anpassungserscheinungen an ihr Lebenselement erkennen lassen. Plankton und Benthos scheinen Gegensätze darzustellen und doch sind sie durch die verschiedenartigsten Fäden mit einander verknüpft. Die meisten festsitzenden Thiere und Pflanzen entwickeln sich aus freischwimmenden Jugendformen. Die Schwärmsporen der Algen und Tange treiben sich mit Hilfe zarter Wimperfäden im Wasser umher, ehe sie sich am Boden festsetzen. Die befruchteten Eier der festsitzenden Korallen, Bryozoen, Aktinien sind planktonisch und entwickeln sich frei im Meere. Die Jugendformen der Echinodermen, die sog. Astrolarven, gehören lange Zeit dem Plankton an, ehe sie benthonisch werden, und die Larve von *Antedon* ist erst planktonisch, dann setzt sie sich fest und wird sessiles Benthos, darauf löst sie sich wieder von ihrem Stiel ab, um dem vagilen Benthos anzugehören oder sogar als nektonisch mit ihren Armen in eleganten Ruderbewegungen im Wasser umher zu schwimmen.

Die Pflanzen des Plankton sind einzellige grüne, blaue, rothe oder gelbe Algenzellen oder mehrzellige Fadenbündel, welche zum

Theil ziemlich kosmopolitisch überall verbreitet sind, zum Theil wieder ganz sporadisch in grossen Schwärmen auftreten. So wurde von der deutschen Planktonexpedition kein einziges Exemplar von *Pyrocystis noctiluca* gefangen, während die Challengerexpedition diese Form in ungeheuerer Menge antraf. *Trichodesmium erythraeum* erscheint zu gewissen Zeiten in solchen Mengen an der Meeresoberfläche, dass dieselbe eine röthliche Farbe erhält, während es zu andern Zeiten sehr selten ist. Zwar besitzen manche Planktonalgen zarte Wimpern oder Geisselfäden, mit Hilfe deren sie sich aktiv zu bewegen vermögen, allein eines wirklichen Ortswechsels von einem Meer zum andern sind sie aktiv nicht fähig; sie werden nur durch Meeresströmungen passiv weitergetrieben.

Haeckel zählt 9 verschiedene Gruppen[1]) auf: die Chromaceen *(Procytella primordialis)*, Calcocyteen (Coccosphaeren, Coccolithen, Rhabdosphaeren), die Murracyteen *(Pyrocystis noctiluca)*, die Diatomeen, die Xanthellen, die Dictyochen (früher für Radiolarien gehalten), die den Infusorien nahestehenden Peridineen, die Halosphaeren und die Oscillatorien *(Trichodesmium erythraeum)*. Diese niedrig stehenden Algen sind für den Stoffwechsel des Meeres von der allergrössten Bedeutung, denn sie liefern den weitaus grössten Theil der Urnahrung. Die ungeheueren Massen von Nahrung, welche die unzähligen Schaaren der schwimmenden Seethiere täglich verzehren, stammen zum grössten Theil direkt oder indirekt aus der Planktonflora.

Zum Plankton gehört endlich auch *Sargassum vulgare*, das bekannte Golfkraut, welches, durch Stürme von den mittelamerikanischen Küsten losgerissen, Monate lang im Meere treibt und weiter vegetirt, und das man daher besser als Pseudoplankton[2]) bezeichnet.

Die Thiere des Plankton, der Auftrieb, oder die pelagische Thierwelt ist durch viele Anpassungserscheinungen an die Lebensweise im offenen Meer vortrefflich angepasst. Der Körper ist meist glashell durchsichtig, die Gewebe enthalten bis zu 98 % Wasser, und besitzen fast dasselbe spezifische Gewicht wie das sie umgebende Element. Hydrostatische Apparate erleichtern das passive Schwimmen und ermöglichen es den Planktonthieren, vertikal auf- und niederzusteigen. Skelette sind nur bei den kleineren Formen entwickelt, und gewöhnlich so geformt, dass sie bei grosser Fläche eine sehr geringe Masse enthalten, und hierdurch die Reibungswiderstände im Wasser vermehren.

Das Plankton ist an der Oberfläche sowohl der Küstengebiete wie des offenen Ozeans verbreitet. Das neritische Plankton umfasst die schwimmende Flora und Fauna der Küstenregionen an Kontinenten, Archipelen und Inseln. Dasselbe ist in seiner Zusammensetzung von dem ozeanischen Plankton wesentlich verschieden und sowohl quantitativ wie qualitativ reicher. Denn längs der Küsten entwickeln sich, zum Theil unter dem Schutze des litoralen Bios oder in genetischem Zusammenhang mit ihm, zahlreiche schwimmende Thier- und Pflanzenformen, welche im offenen Ozean entweder überhaupt nicht vorkommen oder doch rasch zu Grunde gehen. Dagegen können die

1) Abbildungen dieser verschiedenen Formen findet man zusammengestellt in: Walther, Allgemeine Meereskunde. Leipzig. Weber 1893.

2) Schuett, Das Pflanzenleben der Hochsee.

Thiere des ozeanischen Plankton durch Strömungen und Stürme an die Küsten getrieben werden und sich dort mit dem neritischen Plankton mischen. Schon aus diesem Grunde ist der Reichthum der neritischen Gattungen und Arten ein viel grösserer als derjenige des ozeanischen Plankton.

Als pelagisches Plankton bezeichnen wir die Bewohner der Meeresoberfläche. Dasselbe ist dadurch ausgezeichnet, dass es unter bestimmten Bedingungen beträchtliche vertikale Wanderungen auszuführen vermag. Im allgemeinen hält sich das pelagische Plankton am Tage in einiger Meerestiefe auf, welche bis 200 m betragen kann. Nachts bevölkert sich die Meeresfläche rasch mit diesen Bewohnern der tieferen Wasserschichten, und es entsteht jener grosse Reichthum des nächtlich leuchtenden Planktons.

Ueber dem Boden der Tiefsee schwebt das wesentlich ärmere bathybische Plankton. Hierher gehören viele Phäodarien, einige Medusen und Siphonophoren, viele Krebse und manche Larven des abyssalen Benthos. Nach den Beobachtungen von A. Agassiz schwebt das bathybische Plankton nur bis 100 m über dem Meeresboden.

Zwischen pelagischem und bathybischem Plankton finden wir das zonarische Plankton eingeschaltet, dessen Fauna noch nicht genügend bekannt ist.

Mit Rücksicht auf die Lebensgeschichte der einzelnen Organismen müssen wir holoplanktonische Wesen von meroplanktonischen Thieren und Pflanzen unterscheiden, eine Eintheilung, welche am besten aus der unten folgenden Liste beurtheilt werden kann.

Was endlich die Zusammensetzung und Vertheilung des Plankton im Meere betrifft, so unterscheiden wir[1]) monotones, prävalentes, polymiktes und pantomiktes Plankton.

Das monotone Plankton besteht zu $^9/_{10}$ des Volumens aus einer Pflanzen- oder Thierform. Von 404 verschiedenen Planktonfängen, welche Kapitän Hendorff in fast allen Ozeanen gesammelt hat, waren 152 Fänge monoton.

Das prävalente Plankton besteht mindestens zur Hälfte aus einer Form und kam 178mal vor.

Auf der folgenden Tabelle sind die monotonen und prävalenten Fänge nach der Art ihrer Zusammensetzung aufgezählt; bemerkenswerth ist das Ueberwiegen der Krebse, welche 159mal den Charakter des Plankton bestimmen, dann folgen die Radiolarien mit 74 Fängen, Cnidarien mit 25, Sagitten und Oscillarien mit 20, Salpen mit 16 Fängen.

Bei dem polymikten Plankton, das in 53 Fängen vorkam, überwiegen meist die Copepoden und anderen Krebse, dann folgen der Zahl nach die Sagitten, Salpen, Radiolarien und Cnidarien.

Das pantomikte Plankton ist äusserst bunt aus allen den verschiedenen Pflanzen und Thieren zusammengesetzt, so dass keine Form nummerisch überwiegt; es wurde in 21 Fängen beobachtet.

---

1) Haeckel, Planktoncomposition. Jen. Zeitschrift für Naturw. 1892. Bd. XXVII.

Leitformen des Plankton:	monoton	prävalent
Diatomeen	5	2
Halosphaeren	1	—
Oscillarien	9	11
Noctiluca	—	1
Globigerina	—	1
Radiolarien	21	53
Cnidarien (Medusen und Siphonoph.)	8	17
Echinodermenlarven	2	1
Sagitta	3	17
versch. Crustaceen	35	49
Schizopoden	5	1
Copepoden	57	10
Pteropoden	1	—
Salpen	4	12
Copelaten	1	—
Fische und Fischeier	—	2
	152	178

Um ein vergleichendes Bild der Lebensweise der verschiedenen Meeresorganismen zu geben, habe ich auf der folgenden Liste mit P. das planktonische, mit B. das benthonische und mit N. das nektonische Leben bezeichnet. Die grossen Buchstaben geben den bionomischen Charakter der überwiegenden Mehrzahl der betreffenden Thiergruppe wieder, während Ausnahmen mit kleinen Buchstaben p. b. n. bezeichnet wurden:

Pflanzen

ausser den genannten Planktonalgen:

	Jugendform	Erwachsene Form
Grünalgen	—	B.
Florideen	—	B.
Tange	—	B. p.
Seegräser	—	B.

Thiere:

	Jugendform	Erwachsene Form
Infusorien	—	B. P.
Foraminiferen	—	B. P.
Radiolarien	—	P.
Spongien	P.	B.
Medusen	B. p.	P. b.

	Jugendform	Erwachsene Form
Siphonophoren	P.	P.
Ctenophoren	P.	P.
Chaetognathen	P.	P.
Turbellarien	P.	B.
Anneliden	P.	B. P.
Rotatorien	P.	B. P.
Brachiopoden	P.	B.
Bryozoen	P.	B.
Muscheln	P.	B. n.
Schnecken	P.	B. p.
Pteropoden	P.	P.
Cephalopoden	P.	B. N. p.
Heteropoden	P.	P.
Crinoiden	P. (B.)	B. n.
Asteriden	P. b.	B.
Ophiuriden	P. b.	B. n.
Echiniden	P. b.	B.
Holothurien	P.	B. n.
Krebse	P. B.	P. B. N.
Insekten	p.	p.
Tunikaten	P.	P. B.
Fische	P.	P. B. N.
Reptilien	—	P. N.
Säugethiere	—	N.

4. Die Facies des Meeresbodens.

Mit dem Worte Facies bezeichnet man die unterscheidenden Merkmale gleichzeitig gebildeter Gesteine, wenn es sich um die Diagnose verschiedener Felsarten handelt. So nennt man die porphyrisch erstarrten Abarten eines vulkanischen Gesteins: eine Porphyrfacies, die glasigen Varietäten: Glasfacies, die in Gangform auftretenden: Gangfacies. Wenn man gleichzeitig gebildete Sedimentgesteine miteinander vergleicht, so spricht man von einer: Kalkfacies, Mergelfacies, Geröllfacies, Sandsteinfacies. Oder aber man benennt die Facies nach den äusseren Umständen ihrer Bildung als: Süsswasserfacies, Meeresfacies, Strandfacies, Tiefseefacies. Endlich unterscheidet man gleichzeitig gebildete Gesteine von ähnlicher petrographischer Beschaffenheit, aber verschiedenem Fossilgehalt als: Ammonitenfacies, Korallenfacies, Schwammfacies.

Das gemeinsame zweier, als Facies unterschiedener, Gesteine ist die Gleichzeitigkeit ihrer Bildung, und da die Faciesunterschiede durch verschiedene äussere Umstände erzeugt worden sein müssen, so spielen bei der Faciesbezeichnung die Umstände der Bildung eines Gesteins eine hervorragende Rolle, so dass man [1]) Facies im übertragenen Sinne: die Wechselbeziehungen zwischen den äusseren Bedingungen einerseits, und dem Gesteinsmaterial und den Wohnsitzen von Organismen andererseits, genannt hat.

Diese Definition leitet uns über zu dem engeren Sinne, in welchem wir hier das Wort Facies gebrauchen wollen. Wir verstehen darunter: die physikalischen Eigenschaften des Meeresbodens, welche die Vertheilung der Organismen im Meere regeln.

Lange bevor die Botaniker und Zoologen untersucht hatten, welchen Einfluss die Facies des Meeresgrundes auf die lokale Vertheilung der Flora und Fauna habe, erkannten die Geologen, dass man bestimmte Versteinerungen häufig in bestimmten Gesteinen finde, während man in anderen Felsarten vergeblich nach ihnen sucht.

1669 veröffentlichte Stenon [2]) sein Buch „De solido intra solidam naturaliter contento“, in welchem das Wort „Sediment“ zum erstenmal für marine Gesteine gebraucht wurde, und wo er in Toskana sechs verschiedene geologische Ablagerungen, als „sex distinctae Etruriae

1) E. von Mojsisovics, Die Dolomitriffe von Südtirol. Wien 1879, S. 5.
2) B. von Cotta, Beiträge zur Geschichte der Geologie. Leipzig 1877.

facies ex praesenti facie Etruriae collecta" unterschied. 1695 unterschied WOODWARD die gleichzeitig (während der Sintfluth!) gebildeten Strandgesteine von den Ablagerungen des tieferen Meeres.

1773 unterschied FUECHSEL die verschiedenen gleichzeitigen Gesteine in der Formationsreihe Deutschlands. Aber erst GRESSLY[1]) definirte die Facies als bionomische Einheit: das Wesen einer Facies besteht darin, dass in bestimmten Gesteinen eine bestimmte fossile Fauna enthalten ist und überall auftritt, wo sich das betreffende Gestein findet, während jene Fauna in anderen gleichzeitigen Gesteinen fehlt.

Hier wird also schon mit klaren Worten das gesagt, was wir, auf die Gegenwart übertragen, als Facies hier bezeichnen wollen, nämlich: die Charaktere des Sedimentes, welche die Vertheilung der Organismen bestimmen.

Die benthonischen Organismen des Meeres, mögen sie festgewachsen sein, oder am Boden umherkriechen und laufen, ja sogar viele schwimmende Thiere des Nekton zeigen eine überaus bemerkenswerthe Abhängigkeit von den physikalischen Verhältnissen des Untergrundes und ihrer Umgebung. Ob der Meeresboden felsig und fest, oder sandig und verschiebbar ist, ob er aus grobem Geröll oder aus feinem Schlamm besteht, das prägt sich in der Zusammensetzung seiner Flora und Fauna deutlich aus, und bestimmte Pflanzen und Thiere kann man geradezu als Leitformen für bestimmte Eigenschaften des Meeresbodens ansehn.

Betrachten wir zuerst die benthonische Flora des Meeres, so erkennen[2]) wir, dass der Meeresgrund keineswegs überall mit Algen bewachsen ist, und dass die Ausdehnung vegetationsloser Wüsten auf dem Meeresgrund viel grösser ist als auf dem Festland.

Vegetationslos ist die gesammte aphotische Region. Und wenn man bedenkt, dass mehr als die Hälfte der Erdoberfläche Tiefseeboden ist, so kann man die Seltenheit pflanzenbewachsenen Meeresbodens ermessen.

Alle herbivoren Thiere, sofern sie nicht von planktonischen Pflanzen leben, sind mithin auf diese engbegrenzten Regionen beschränkt, und da wiederum viele kriechende und schwimmende Thiere von diesen Pflanzenfressern leben, so ist auch ihrer Verbreitung durch die Verbreitung des Lichtes ein Ziel gesetzt.

Die Region[3]) des Seegrases, *Zostera marina*, reicht im Kieler Hafen und den benachbarten Küstenstrecken nur so weit, als das Sediment sandig ist. In 11 m beginnt der Sand zurückzutreten und geht in einen schwarzen Schlamm über; hier verschwinden die Seegräser und mit ihnen die *Rissoa labiosa* und *Cardium fasciatum*.

In der Ostsee[4]) ist mit Algen bewachsen: die Litoralregion und sandiger, kiesiger, geröllreicher Boden; der Schlamm ist vollkommen pflanzenlos. Ganz anders liegen die Verhältnisse in der Nordsee. Während in der Ostsee durch den Mangel stärkerer Brandung und den

1) GRESSLY, Observations sur le Jura Soleurois. S. 11.
2) COHN, Abh. d. Schles. Ges. f. Vaterl. Kultur, 1868, S. 41.
3) MEYER und MOEBIUS, Fauna der Kieler Bucht. S. 14.
4) REINKE, Ber. d. deutsch. Bot. Ges. 1889, S. 368.

Mangel der Gezeiten ein sandiger, kiesiger Untergrund unbeweglich und unverschiebbar ist, wird der Boden der Nordsee durch hohe Wellen und durch eine ausgiebige Fluth bis in seine Tiefen bewegt. Infolgedessen ist die gesammte Fläche der deutschen Bucht in der Nordsee, selbst wo sie Sandboden hat oder mit groben Blöcken besäet ist, vollkommen vegetationslos, und nur die felsige Umgebung von Helgoland bildet eine pflanzenreiche Oase.

Dass[1]) die Bodenbeschaffenheit in hohem Maasse bestimmend für das Vorkommen und den Charakter der benthonischen Algenvegetation ist, drängt sich schon beim ersten Blick auf die Vegetation einer mannichfach gestalteten Küste auf. Und doch ist diese Beziehnng eine rein äusserliche, denn nur die physikalische Beschaffenheit des Substrates giebt hierbei den Ausschlag. Der Vergleich zwischen Ostsee und Nordsee lehrt zudem, dass nicht allein die Korngrösse des Sediments hierbei bestimmend wirkt, sondern dass die Intensität der Wasserbewegung auch eine Rolle spielt.

Es kommt den Algen nur auf einen festen Halt an; wo und wie sie denselben finden, ist ihnen gleichgiltig. Daher ist ihnen im Allgemeinen jedes Substrat recht; eine Thatsache, welche sich bei den raschlebenden kleineren Formen unwiderstehlich aufdrängen muss.

Die Keimsporen der Meeresalgen flottiren meist eine Zeit lang frei im Wasser umher. In dieser Zeit ihrer Entwicklung, während des planktonischen Lebens, ist ihre Verbreitung ausschliesslich von der Richtung und Erstreckung der Wasserströmungen abhängig.

Die Spore setzt sich am Meeresboden fest und wächst zum Keimling heran; in diesem Stadium der Entwicklung entscheidet es sich, ob ein Boden vegetationsreich oder pflanzenleer sein soll. Die Keimlinge siedeln sich ohne Unterschied auf lebenden oder todten Körpern, auf beweglichem oder unverschiebbarem Substrat an. Nicht von den Algen geht die Wahl des Wohnsitzes aus, sondern von den physikalischen Bedingungen der Umgebung wird die Begrenzung der Algenvegetation durch Auslese bestimmt.

Im Golf von Neapel sind sandige Küstenstriche im Bereich des Wellenschlages vegetationslos; ebenso tragen aber auch die weichen Tufffelsen im Bereich der Brandung keine Vegetation, weil sie von derselben zu rasch abgewaschen werden. An geschützten Oertlichkeiten schon im Meeresniveau, sonst erst einige Meter tief beginnend, findet man *Posidonia oceanica* anf Sandboden, *Phucagrostis, Caulerpa, Gracilaria* aber auf Schlamm dichte Rasen bildend. *Caulerpa* findet man auf sandigem Boden noch 15 m tief, während *Posidonia* bis 100 m vereinzelt beobachtet wurde. Auch die in grösseren Tiefen lebenden Kalkalgen findet man nie auf schlammigem Boden, da sie hier bald im Schlamme versinken und ersticken würden. Sie leben entweder auf dem Sand geringer und grösserer Tiefen oder auf den Posidoniawiesen der tieferen Meeresgründe.

Indirekt beeinflusst die Beschaffenheit des Sedimentes die Vertheilung der Algen dadurch, dass schlammiger Boden selbst in geringer Wassertiefe das Wasser so trübt, dass die Schattenpflanzen der tieferen Region hier bis nahe an die Oberfläche des Meeres heraufsteigen.

---

1) BERTHOLD, Mitth. Zool. Stat. zu Neapel 1882, S. 431.

Die Zerklüftung eines Gesteines ist endlich auch von grosser Bedeutung für den Reichthum seiner Algenvegetation. So beobachtete LEWES [1]) an den Scillyinseln, dass der reine Granit fast ebenso schlimm für die Algenvegetation ist, wie reiner Kalkfelsen. Nur wenige Pflanzen wachsen darauf; und wo es wenig Pflanzen giebt, da sammeln sich auch keine Pflanzenfresser und mithin noch weniger die Fleischfresser, die wieder von diesen leben müssen.

Wir haben gesehen, in welcher Weise die Beschaffenheit des Meeresbodens, die Facies des Sedimentes, den Reichthum der Vegetation und indirekt auch die Vertheilung der Meeresfauna beeinflusst; jetzt wollen wir auf diese letztere an der Hand spezieller Beispiele näher eingehen.

Die **benthonische Fauna** besteht zum Theil aus Pflanzenfressern, zum Theil nährt sie sich von dem Fleisch dieser letzteren. Andere Formen sind genügsame Schlammfresser, aber fast alle zeigen gewisse Beziehungen zu der Facies des Bodens. v. WILLEMOES-SUHM schrieb [2]) von der Challengerreise: bis zu einem gewissen Grade ist die Beschaffenheit des Bodens dasjenige Moment, welches die Thiere veranlasst, sich an einer bestimmten Stelle niederzulassen, und nicht die Tiefe.

Auch bei der Fauna müssen wir im Auge behalten, dass die Thiere nicht mit Bewusstsein und vorbedacht eine bestimmte Facies aufsuchen oder eine andere meiden. Die Mehrzahl der Meeresthiere schwärmen in früheren Stadien ihrer Entwicklung als meroplanktonische Wesen im offenen Meere umher. Wind und Wellen, Wasserdichte und Strömungen, Schwerkraft und Zirkulation des Wassers führen die Schwärme eben geborener Formen weit über das Meer. Tausende gehen zu Grunde während sie im Wasser dahintreiben, sei es, dass sie räuberischen Thieren zum Opfer fallen, sei es, dass das Wasser sie länger dahinflösst als die Zeitdauer ihrer planktonischen Entwicklung beträgt. Unzählige erreichen zwar den Meeresboden, aber sie finden nicht die für ihre Weiterentwicklung günstigen Faciesbedingungen und müssen sterben; nur wenige gelangen durch Zufall an solche Stellen, wo sie die ihnen zusagenden Existenzbedingungen finden.

Die unendliche Zahl von Eiern und Laich, welche die meisten Meeresthiere produziren, hängt auf das Engste mit diesen Vorgängen zusammen und macht allein das Weiterleben der Art möglich.

Die [3]) *Rotalia veneta* der Lagunen von Venedig kommt nur wieder in dem Schlammboden der Bucht von Muggia vor. Die bei Ancona auf unterseeischen Kalkfelsen häufige *Polystomella strigillata* fehlt bei Venedig und Triest vollständig. *Nodosaria,* welche im Sand von Rimini häufig ist, sucht man an dem nahen Ancona vergeblich, während *Rotalia Beccheri* beiden Stellen gemeinsam ist. *Peneroplis planatus* ist im Sande der Istrischen Küste von Citta nuova bis Pola gemein, fehlt aber bei Triest, Venedig, Ancona.

Das Schlammgebiet [4]) der Secca di Benda Palumma ist foraminiferenleer, während alle sandigen Sedimente dieses Gebietes Foraminiferen enthalten.

1) LEWES, Naturstudien am Meeresstrand 1859, S. 221.
2) v. WILLEMOES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1873.
3) BRADY, D. Acad. d. Wissensch. Wien. Math. Naturw. Cl. XXXXIII, S. 96
4) J. WALTHER, Mittheil. zool. Stat. zu Neapel 1888, S. 382.

Interessante und lehrreiche Beispiele für die Bedeutung der Facies bieten die Riffkorallen. Diejenigen Formen, welche den Charakter der Riffe im Rothen Meer und im Indischen Ozean bestimmen, die *Madrepora corymbosa*, *Porites lutea*, *Pocillopora*, *Coeloria* u. s. w. sind meist so fest auf ihrem Untergrund festgewachsen, dass man sie nur mit Hammer und Meissel abzulösen vermag. Und an den fossilen Korallenriffen der Sinaiküste[1]) kann man zeigen, dass sie auf den Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine vorkommen, während weiche und bröckelige Küstengesteine keine Riffkappe beobachten lassen. Während so gewisse Gattungen einen festen Untergrund verlangen und dadurch für die Ansiedelung der Riffe überhaupt eine bestimmende Rolle spielen, gedeihen andere Gattungen an geschützten Gebieten des inneren Riffes auch auf lockerem Sande.

Auf den Riffen von Dar-es-Salaam fand Ortmann[2]) folgende Formen auf Felsen und todten Korallenstöcken aufgewachsen:

Porites lutea — *Astraeosmilia connata*
Porites solida — *Echinopora Hemprichi*
Madrepora vagabunda — *Galaxea fascicularis*
Madrepora variabilis — *Galaxea ellisi*
Madrepora horizontalis — *Goniastraea retiformis*

Zusammenhängende Bänke im Seegras bildeten:

Montipora spongiosa — *Psammocora obtusangula*
Lophoseris laxa.

Locker im Sande steckend, freiliegend, oder auf Seegras aufgewachsen in einzelnen Stöcken, leben auch die zuletzt genannten 3 Formen, dann:

Psammocora sp. — *Porites nodifera*
Lophoseris sp. — *Cyphastraea chalcidicum*
Favia Ehrenbergi — *Leptastraea immersa*
Pocillopora subacuta — *Trachyphyllia Geoffroyi*
Siderastraea Savignyana — *Diaseris distorta*
Fungia dentigera.

Sowohl die Seegrasbüsche, wie einzelne am Grunde liegende Fremdkörper bieten diesen Arten eine genügend feste Unterlage, solange der Korallenstock klein ist. Wenn aber die Stöcke grösser werden, dann kann ihr Gewicht die Festigkeit des Substrates soweit überwinden, dass sie haltlos von jeder Welle bewegt werden, und ihrer Befestigung verlustig gehen.

Thurston berichtet[3]), dass auf *Meleagrina* häufig Korallen wachsen; auf todten wie lebenden Schalen fand er: *Madrepora*, *Pocillopora*, *Astraea*, *Coeloria*, *Hydnophora*, *Galaxea*.

Ein treffliches Beispiel für die Bedeutung eines festen Untergrundes bei der Ansiedelung von Riffkorallen bieten die kleinen Korallenriffe der Javasee. Sluiter[4]) beobachtete, dass sich die

Madrepora arbuscula — *Montipora stilosa,*
Porites mucronata — *Montipora lima,*

---

1) J. Walther, Abh. d. K. S. Ges. der Wissensch. Leipzig 1888, S. 498.
2) Ortmann, Zool. Jahrb. 1892, S. 638.
3) Thurston, Madras Gov. Central Museum 1890, S. 22.
4) Sluiter, Naturk. Tijdschr. f. Nederl. Ind., XLIX, S. 363.

auf Bimsteinbrocken ansiedeln, welche mitten im weichen Schlamm liegen, und dass von diesen aus, die immer grösser werdenden Korallenbänke ihren Anfang nehmen.

Die Korallenriffe selbst stellen eine überaus charakteristische Facies des Meeresbodens dar. Das ganze thiergeographische Gebiet, das man[1]) als die „indopazifische Provinz“ bezeichnet, ist durch das Vorkommen der Riffkorallen bestimmt. Vergesellschaftet mit diesen leben eine Fülle von Mollusken und anderen Thieren, welche von den Korallen so abhängig sind, dass sie überall auftreten, wo sich Riffe finden, und fehlen, wo die Riffkorallen nicht vorhanden sind. Man kann die indopazifische Provinz geradezu als die Facies der Riffkorallen bezeichnen.

An der nordamerikanischen Ostküste kann man[2]) überall bemerken, wie mit der Beschaffenheit des Meeresbodens sofort die Fauna wechselt. Die Fauna der Kalkgründe des Floridaplateaus ist grundverschieden von der Thierwelt, welche in wenig Meilen Entfernung in ähnlicher Tiefe den Kalkschlick des Golfstrombettes bewohnt. Manche Formen der Carolinafauna verschwinden bei Cap Florida und erscheinen wieder bei Cap Sable und an der Westküste, sobald der Sandboden durch Korallenriffe ersetzt wird.

An der westafrikanischen Küste kann man[3]) zwischen 100 u. 200 m eine Schlammfacies mit Würmern und *Siphonodentalium quinquangulare* von einer Felsenfacies mit *Caryophyllia clavus*, Hydroiden, Asteriden und vielen bunten Mollusken unterscheiden. Doch finden sich todte Schalen der letzteren auch im Schlamme.

Im Golf von Neapel erheben sich submarine felsige Inseln aus dem umgebenden Schlamm, die ich als Denudationsreste ehemaliger Vulkane betrachte[4]). Auf ihnen lebt eine Fauna, welche grundverschieden ist von den Bewohnern des nahen Schlammes. So dregte A. Colombo[5]) auf der Secca di Capo Miseno auf felsigem Boden in 53 m:

Adamsia palliata	*Amphiura squamata*
Antennularia antennina	*Balanophyllia italica*
Calyptraea chinensis	*Cardium papillosum*
Caryophyllia cyathus	*Cerithium vulgatum*
Chenopus pes pelecani	*Chondrosia reniformis*
Circe minima	*Cymopolia Caroni*
Dorocidaris papillata	*Echinaster sepositus*
Eschara foliacea	*Eurynome aspera*
Frondipora verrucosa	*Gobius sp.*
Ilyanthus parthenopeus	*Inachus sp.*
Micropora impressa	*Modiola adriatica*
Molgula sp.	*Myriozoum sp.*
Nassa limata	*Nassa mutabilis*

1) Fischer, Manuel de Conchiliologie, S. 156.
2) A. Agassiz, Blake I, S. 143, 285.
3) Studer, Gazelle III, S. 32.
4) J. Walther, I vulcani sottomarini del golfo di Napoli. Boll, R., Com. Geol. 1886, Nr. 9.
5) A. Colombo, La fauna sottomarina del golfo di Napoli, Riv. Marittima Roma 1888, S. 92.

Ophioderma longicauda	*Ophiacantha setosa*
Ophiothrix sp.	*Paguristes maculatus*
Phascolosoma sp.	*Pinna nobilis*
Rhopalea neapolitana	*Tellina serrata*
Ute glabra	

während einen Kilometer davon, auf Schlammgrund in 75 m nur die gesperrt gedruckten Formen vorkamen, ausserdem aber:

Aega sp.	*Antedon diluvii*
Arca tetragona	*Cardita aculeata*
Corbula mediterranea	*Cucumaria cucumis*
Cynthia microcomus	*Defrancia gracilis*
Doris sp..	*Ebalia Pennantii*
Eschara cervicornis	*Fissurella sp.*
Hermione hystrix	*Lima hians*
Luidia ciliaris	*Mimosella gracilis*
Nucula nucleus	*Onuphis tubicola*
Palmipes membranaccus	*Phallusia mentala*
Pecten opercularis	*Pecten pusio*
Pecten testae	*Phellia mummus*
Phoxicillus charybdaeus	*Phyllodoce laminosa*
Pilumnus sp.	*Pisa armata*
Solecurtus coarctatus	*Suberites appendicula*

Trochus granulatus.

Dieses Beispiel ist geologisch überaus lehrreich; denn die beiden gleichzeitig gebildeten Sedimente, welche kaum 1000 m voneinander entstehen, haben nur 8 Formen gemeinsam, welche erhaltungsfähige Hartgebilde besitzen, während an der einen Lokalität 24 Arten, an der anderen 31 Arten nur lokal verbreitet sind.

In der Nähe der Thorntonbank (am Ausfluss der Schelde gelegen) findet[1]) man 28 m tief auf einem eng umschriebenen Gebiet einen sehr zähen Schlamm mit einer ganz besonderen Fauna, deren Formen in der belgischen Fauna sonst nirgends beobachtet werden, während sie hier ungemein zahlreich sind. So lebt hier *Gebia deltura* in bunter Färbung, welche sich wie ein Schanzarbeiter Gänge durch den Schlamm gräbt. *Calianassa subterranea* lebt ebenfalls im Schlamm, und ist durch ihre Farblosigkeit ausgezeichnet. Ausserdem finden sich: *Thia polita, Ebalia Bryerii, Pilumnus pusillus,* zwei Arten von *Phascolosoma, Loxosoma, Cerianthus* und *Cardium norvegicum.*

Aber auch die nektonische Fauna der Fische ist vielfach von einer bestimmten Facies abhängig. Nicht nur, dass viele Fische als Pflanzenfresser indirekt an eine gewisse Beschaffenheit des Bodens geknüpft sind, nein auch direkte Abhängigkeit lässt sich nachweisen. So leben die *Pleuronectes* und *Platessa,* ebenso viele Rochen nur auf sandigem Grunde; ihre Unterseite ist farblos, die Oberseite besitzt die Farbe des Sandes. *Uranoscopus* gräbt sich so tief in den Sand ein, dass nur seine glotzenden Augen hervorgucken.

Andere Fische suchen zur Laichzeit bestimmte seichte Bänke auf, um dort ihre Eier abzusetzen. Mitten in der Nordsee erhebt sich von 50—15 m Höhe die Doggerbank, deren Fischreichthum alle umgebenden

1) Bulletin, Acad. Belg. 3 S. 1884. VIII. S. 646.

Gebiete übertrifft. Die seichten Bänke von Neufundland sind ebenfalls wegen ihres Fischreichthumes berühmt.

Wenn man bedenkt, dass Fische als leichtbewegliche Thiere überall hinschwimmen können, so erscheint es doppelt bemerkenswerth, dass auch sie auf einer bestimmten Facies des Meeresbodens sehr zahlreich sind, während sie auf anderen Facies selten gefunden werden.

Sogar die Abgründe der Tiefsee zeigen facielle Unterschiede, welche für die Vertheilung der Tiefseefauna von Bedeutung sind. An manchen Stellen der Chesapeake Bai fand Agassiz[1]) in 1800—2900 m den Boden des Meeres mit concretionären Krusten von eisenschüssigem Thon bedeckt, welche vielen Mollusken, die auf weicherem Boden nicht leben können, eine feste Unterlage darboten.

Wir lernen also aus diesen und vielen anderen ähnlichen Thatsachen, dass die Vertheilung der Meeresorganismen von zwei Faktoren in erster Linie bestimmt wird.

Das erste Moment ist die Wasserbewegung, welche Embryonen und Larven, Eier und Sporen von ihrer Geburtsstätte in das Meer hinaus entführt. Wellen und Strömungen würden auf diesem Weg ihre Bahn mit einer gleichmässigen Lebewelt besiedeln, wenn nicht die Beschaffenheit des Meeresbodens wechselte, und wenn nicht bestimmte Facies für ein Wesen schädlich, für ein anderes günstig wären. Dadurch werden viele Keime während der Entwicklung zerstört, und nur diejenigen wachsen heran, welche sich auf günstigem Untergrund ansiedelten. Auf diese Weise wird die Zusammensetzung der lokalen Flora und Fauna durch die Facies bedingt. Die Faktoren, welche hierbei in Frage kommen, sind zuerst Bedingungen des Pflanzenlebens. Ob Algen oder Seegräser, Tange oder Florideen auf einem Stück Meeresboden gedeihen, ist ein grundlegender Faktor für die daselbst lebende Thierwelt. Denn es werden dadurch nicht nur direkt alle Pflanzenfresser, sondern indirekt auch die Thierfresser beeinflusst.

Die Beschaffenheit des Untergrundes ist ein zweites Moment. Die Mehrzahl der festsitzenden Thiere und Thierstöcke, viele dickschalige Mollusken, viele Krebse, leben nur auf felsigem oder wenigstens hartem Untergrund. Dagegen finden sich die weichhäutigen Würmer, Holothurien, die siphonaten Muscheln u. s. w. eingegraben in den Sand und den Schlamm des Meeresgrundes. Alle Thiere, welche in irgend einer Abhängigkeit von diesen leben, werden indirekt durch jene Umstände auch mit beeinflusst, also alle Parasiten und die spezifischen Raubthiere.

Der Einfluss der Facies auf die Thierwelt macht sich aber auch noch insofern bemerkbar, als das eine Sediment dem Thiere zuträglicher ist wie ein anderes. *Cardium edule* bleibt[2]) auf den Sandbänken des Wattenmeeres sehr klein. Auf schlickigem Grunde wird die Muschel ungleichseitig, hinten länger. An der schottischen und norwegischen Küste aber wird sie bis 50 mm breit, viel grösser als wo anders.

Auch für diese Erscheinung findet man viele weitere Belege im speziellen Theil.

---

1) A. Agassiz, Blake I, S. 273.
2) Metzger, Zool. Ergebn. der Nordseefahrt 1872, S. 253.

In welcher Weise aber eine ganze Fauna durch die äusseren Bedingungen zwerghaft klein werden kann, darüber hat FUCHS Beobachtungen[1]) angestellt. Bekanntlich findet man in verschiedenen älteren Formationen Anhäufungen kleiner Organismenreste, welche sich durch ihren Individuenreichthum und durch den Umstand auszeichnen, dass die Mehrzahl der Formen Pflanzenfresser sind. Im östlichen, seichteren Theil des Hafens von Messina ist nun das Meer von einer Menge verschiedener Algen erfüllt, welche, massenhaft wuchernd, ein förmliches Algendickicht erzeugen. Wenn man dieses Algendickicht untersucht, so findet man, dass es in demselben von kleinen Mollusken wimmelt, welche hier Nahrung und Schutz suchen. Man beobachtet *Rissoa, Rissoina, Trochus, Phasianella, Turbonilla, Columbella, Marginella, Cerithium, Defrancia, Cardium, Cardita, Lucina, Arca, Venus* in ganz unglaublicher Menge, aber durchaus von geringer Grösse. Hier sind es also die physikalischen Bedingungen eines bestimmten Pflanzenwuchses, welche indirekt die Entstehung jener Mikrofauna veranlasst haben. Mit Recht sagt FUCHS, dass man die Kleinheit dieser Fauna nicht durch Verkümmerung, sondern durch spezifische Lebensumstände erklären muss.

Die Verhältnisse der Facies gewinnen ein erhöhtes Interesse, wenn wir berücksichtigen, dass der wichtigste Faktor der Facies, die Beschaffenheit des Sedimentmaterials in der Flachsee, nahe der Küste nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich grossen und tiefgreifenden Veränderungen unterworfen ist. Wir werden im dritten Band solche Vorgänge zu besprechen haben. Hier wollen wir nur daran erinnern, dass die meisten geologischen Profile zeigen, wie sehr der Gesteinscharakter an derselben Stelle der Erdrinde gewechselt hat. Wie wir Sandstein über Mergelbänken, Kalk über Hornsteinschichten beobachten, und wie häufig jene verschiedenen Gesteine in wiederholter Wechselfolge übereinanderliegen. Jeder solcher Wechsel in der Beschaffenheit übereinanderliegender Schichten bedeutet einen Wechsel in dem Sediment, einen Wechsel der Facies. Viele Thiere werden bei wechselndem Sediment dort nicht weiter leben, und auswandern müssen, andere Formen passen sich den neuen Verhältnissen an. Isolation und Wiedervereinigung der Kolonien finden abwechselnd statt.

Wenn[2]) sich beispielsweise in zwei getrennten Küstengebieten unter abweichenden physikalischen Bedingungen aus einer ursprünglich gleichartigen Fauna (durch allmälige Auslese und Anpassung an den Untergrund) verschiedene Thiergesellschaften herausbilden, so werden dieselben auch dann verschieden bleiben, wenn etwa an den beiden Küsten die gleichen physikalischen Bedingungen wieder hergestellt werden. Man wird in dieser Weise die Herausbildung provinzieller Unterschiede aus faciellen Abweichungen zu erklären haben.

Indem wir die gleichzeitigen aber als verschiedene Facies ausgebildeten Gesteine mit MOJSISOVICS[3]) als heteropisch bezeichnen, stellen wir zeitlich verschiedene, aber faciell übereinstimmende Gesteine als isopisch zusammen.

1) FUCHS, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1871, S. 204.
2) FRECH, Meeresprovinzen der Vorzeit. S. 15.
3) v. MOJSISOVICS, Dolomitriffe. S. 7.

Nur in seltenen Fällen liegen die isopischen Sedimente der aufeinanderfolgenden Formationen direkt übereinander, so dass wir auch die an eine bestimmte Facies gebundene Fauna von einer Formation in die darüberliegende verfolgen können. Die triasischen Korallenriffe der Alpen sind nicht selten auch in die darüberliegende Jurazeit hineingewachsen; in diesem Falle können wir die auseinander entstandenen Thierformen in den übereinanderliegenden Gesteinen zu finden hoffen.

Gewöhnlich liegt aber die Kalkfacies der einen Formation über der Mergelfacies der vorhergehenden, oder die Sandsteinfacies der jüngeren Etage über den Schiefern der älteren Stufe. Bei solchem Wechsel der Facies in den aufeinanderliegenden Formationen ist es ein vergebliches Unternehmen, eine bestimmte Thierform in allmähligen Uebergängen direkt übereinander beobachten zu wollen, vielmehr müssen wir bei derartigen phylogenetisch-paläontologischen Untersuchungen die oft weit voneinander entfernten isopischen Sedimente studiren, um die Uebergänge von einer Fauna in die andere zu finden.

---

5. Der Einfluss des Lichtes.

Das Tageslicht, welches auf den Meeresspiegel fällt, wird theilweise durch die glatte Fläche reflektirt, während ein anderer, nicht unbeträchtlicher Theil in das Wasser eindringt.

Um zu bestimmen, bis in welche Tiefe das Tageslicht eindringen kann, versenkte man weisse Scheiben und erkannte, dass dieselben in 15—50 m unsichtbar wurden; dass also auf dem 30—100 m langen Weg von der Oberfläche zur Scheibe und zurück zum Auge des Beobachters, alle weissen Lichtstrahlen absorbirt worden sind.

Genauere und bessere Resultate erzielte man jedoch durch Versenken von photographischen Platten. FOL und SARASIN [1]) beobachteten bei Villafranca, dass am hellen Tag und bei vollkommen reinem Wasser noch in 380 m Tiefe chemisch wirksame Strahlen vorhanden seien, während eine bei trübem Wetter in 400 m 10 Minuten lang exponirte Platte keine Veränderung zeigte.

Beim Eindringen des Lichtes in das Wasser, wird nicht nur die Lichtintensität, sondern auch die Farbe des Lichtes sehr wesentlich verändert. Das weisse Sonnenlicht wird in die Spektralfarben zerlegt, und diese werden je nach ihrer Wellenlänge in verschiedenen Tiefen absorbirt.

VOGEL [2]) untersuchte das Licht in der „blauen Grotte“ auf Capri, welches mehrere Meter lang durch reines Meerwasser dringt, ehe es die Höhle erreicht, und fand, dass das Roth vollkommen verschwunden, das Gelb bis zur „D“linie verblasst war, während Grün und Blau vorherrschten. Genauere Versuche stellte HUEFNER [3]) an, und fand, dass durch eine 180 cm lange Säule reinen Wassers bei 18° C. folgende Farben hindurchgelassen werden:

Farbe	durchgelassene Prozente des Lichtes
Roth	ungefähr 50 %
Orange	„ 60 „
Gelb	„ 80 „
Grün	„ 90 „
Indigo	„ 95 „

1) Mem. Soc. Hist. Nat. Genève XXIX, Nr. 13.
2) VOGEL, Poggend. Annalen, Bd. CLVI, S. 325.
3) HUEFNER, Archiv f. Physiol. Leipzig 1891, S. 88.

Es werden also in 2 m Tiefe die Hälfte aller rothen Strahlen ausgelöscht, und ein Drittel aller Orangestrahlen. Aber auch vom blauen Ende des Spektrums werden mit zunehmender Wassertiefe Strahlen absorbirt. OLTMANNS [1]) prüfte verschieden lange Säulen von Ostseewasser auf ihre Lichtdurchlässigkeit und fand bei einer Röhrenlänge von 3,4 m die rothen Strahlen bis zur Wellenlänge 675 (Skala von ANGSTROEM) absorbirt, von hier erstreckte sich ein Schatten bis $\lambda = 665$; sodann trat ein ganz schwaches Absorptionsband bei $\lambda = 605$ auf.

Eine Wassersäule von 6,6 m absorbirte die rothen Strahlen bis $\lambda = 660$ vollständig, ein Schatten reichte bis $\lambda = 655$. Das Absorptionsband reichte von $\lambda = 604 — 608$; ausserdem verschwanden die violetten Strahlen bis $\lambda = 400$.

Ein Rohr von 10,4 m Länge gab die Endabsorption im Roth noch deutlicher zu erkennen. Strahlen bis 650 λ sind vollkommen ausgelöscht, ein Schatten ist bis zu 638 λ wahrzunehmen, das Band im Gelben hat sich verbreitert und reicht von 615 — 600 λ. Die blauen Strahlen sind bis 428 λ geschwächt.

Bei einer Rohrlänge von 17,2 m Länge ist das rothe Ende bis 590 λ absorbirt, bis 518 λ geschwächt, während das blaue Ende bis 450 λ absorbirt wurde.

Aus allem dem geht hervor, dass mit zunehmender Tiefe die Spektralfarben vom Roth und vom Indigo her allmählich geschwächt und absorbirt werden, so dass die Farbe des Wassers von einem hellen Gelbgrün in ein sattes Dunkelgrün übergeht.

Versuche mit Nordsee- und Süsswasser ergaben, dass die Absorption im Roth vom Salzgehalt unabhängig ist, während die Schwächnng der indigoblauen Strahlen bei grösserem Salzgehalt geringer war.

Betrachten wir zuerst den Einfluss des Lichtes auf die Pflanzenwelt, so müssen wir darauf hinweisen, dass sich die für alles organische Leben grundlegende Assimilation am besten im rothen und gelben Lichte vollzieht. Da nun gerade diese Strahlen schon in den obersten Wasserschichten verschwinden, so sind die Beleuchtungsverhältnisse des Meeres für die Assimilation überaus ungünstig; um so mehr als die blauen Strahlen die Oxydation, die Zerstörung organischer Substanzen befördern.

Es würden daher nur die alleroberstcn Wasserschichten Pflanzen ernähren können, wenn die Natur nicht ein Mittel gefunden hätte, um die Existenz von Pflanzen auch in einiger Tiefe zu ermöglichen.

Viele [2]) Algen enthalten einen rothen Farbstoff, das Phykoerythrin, welches eine sehr kräftige Fluoreszenz, d. h. die Fähigkeit besitzt, die darauf fallenden Strahlen von kleiner Schwingungsdauer zu absorbiren und dafür weniger brechbare Strahlen auszusenden. Die blauen Strahlen werden also gewissermassen durch das Phykoerythrin in gelbe, orange und rothe verwandelt, und so erhalten die in den Rothalgen auch noch vorhandenen Chlorophyllkörper schliesslich doch jene Strahlen, welche die Zersetzung der Kohlensäure veranlassen.

Allein die mit zunehmender Tiefe abnehmende Lichtintensität ist ein unbesiegbares Hinderniss für die assimilirenden Pflanzen. Es scheint,

1) OLTMANNS, Jahrb. f. wissensch. Botanik. Berlin 1891, S. 420.
2) KERNER VON MARILAUN, Pflanzenleben I, 361.

dass die Assimilation im Mondlicht nahezu stillesteht. Berechnet man nun die Tiefe, in welcher die einzelnen Farben die Intensität des Mondlichtes erreichen, so ergiebt sich für Roth 34 m, für Gelb 177 m, für Grün 322 m.

Unter solchen Umständen darf es uns nicht wundern, wenn wir beobachten, dass das Leben festsitzender Pflanzen nach der Tiefe zu bald ein Ende erreicht.

Im Quarnerischen Golfe fand LORENZ, dass die Algen in sechs verschiedenen Tiefenzonen auftreten:

über der Fluthgrenze wuchsen	3	Arten,
in der Gezeitenzone "	44	"
0 — 4 m tief "	218	"
4 — 27 m " "	78	"
27 — 55 m " "	43	"
unter 55 m " "	4	"

BERTHOLD[1]) konnte im Golfe von Neapel solche Zonen nicht scharf unterscheiden, da er fand, dass andere Umstände, wie Untergrund, Temperatur, Wasserbewegung eine wichtige Rolle bei der Vertheilung der Algen spielten; dagegen untersuchte er die Flora von Höhlen und fand, vom Eingang nach dem beschatteten Innern vordringend, annähernd dieselbe Reihenfolge der Arten nebeneinander, wie man sie auf geneigtem Meeresboden untereinander beobachtete. Wo dauernde Trübung des Wassers das Eindringen des Lichtes bedeutend erschwerte, da steigen die Schattenformen auch bei freier Wasserfläche näher an die Oberfläche herauf. So sind im Golfe von Bajae und auf der Rhede von Neapel *Sporochnus, Arthrocladia, Cystossira, Halymenia* und *Bornetia* schon in 7 — 15 m gemein, während sie sonst in viel grösseren Tiefen gefunden werden.

Bei Capri fand er noch 130 m tief in klarem Wasser eine ziemlich reiche Algenflora. Bis 100 m leben noch: *Lithothamnium, Lithophyllum, Halopteris, Zanardinia, Udotea, Valonia* und andere Rothalgen, deren rother Farbstoff den Assimilationsprozess noch in solcher Tiefe vermittelt.

Schwimmende Algen hat man neuerdings in viel bedeutenderen Tiefen (2000 m) gefunden, allein es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass sie hier nicht mehr assimiliren und nur aus oberflächlicheren Schichten herabgesunken sind.

Nach THOMPSON hört das Algenleben im Meere unterhalb 360 m vollkommen auf.

Alle solche Zahlen gewähren natürlich nur Annäherungswerthe, und es ist nicht ausgeschlossen, dass gewisse Strahlen in noch grössere Tiefen hineindringen, und irgendwie dem Assimilationsprozess dienstbar gemacht werden, denn HARTLEY[2]) fand in 975 m noch grüngefärbte Muschelschalen, deren Farbe spektralanalytisch vollkommen mit dem Chlorophyll übereinstimmte.

Wir nehmen vorläufig 400 m als die Tiefe der Assimilationsgrenze im reinen Wasser des offenen Meeres an, indem wir uns be-

---

1) Mitth. Zool. Station. Neapel III, S. 400.
2) HARTLEY, Proc. R. S. Edinburgh XIII, S. 136.

wusst bleiben, dass diese Tiefe zeitlichen und örtlichen Schwankungen unterworfen ist.

Die Versuche[1]) von OLTMANNS zeigen, welchen Einfluss das Licht nicht nur auf die Vertheilung, sondern auch auf die Entwicklung der Algen besitzt. Jede Alge bedarf zu ihrem Gedeihen eine ganz bestimmte Lichtmenge und zwar scheint nur die Helligkeitssumme in Frage zu kommen, während ein rascher Wechsel oder eine, nur kurze Zeit andauernde, grosse Lichtintensität keine merkliche Schädigung hervorbringt. Jede Spezies hat ein Maximum, Optimum und Minimum der Lichtstärke, und je weiter Minimum und Maximum auseinanderliegen, desto grösser ist das Verbreitungsgebiet der betreffenden Art. Man wird euryphotische und stenophotische Algen von einander unterscheiden können.

Die Thatsache, dass gewisse Meeresalgen in einem Jahr massenhaft auftreten, in einem anderen fehlen, hängt wahrscheinlich mit der Anzahl sonniger Tage des Jahres zusammen.

Während die rothen und gelben Lichtstrahlen die Assimilation in gefärbten Pflanzentheilen ermöglichen und unterhalten, üben die stärker brechbaren Strahlen des blauen und violetten Lichtes einen anderen direkten Einfluss auf wachsende Pflanzentheile aus, den man als Heliotropismus bezeichnet. Die Chlorophyllplatten[2]) von *Mesocarpus* kehren ihre breite Oberfläche dem Lichte so zu, dass sie von dessen Strahlen rechtwinklig getroffen werden. Verändert man die Richtung der Strahlen, so drehen sich die Chlorophyllplatten in der Art, dass sie immer ihre Fläche rechtwinklig dem Lichte darbieten. Nur wenn man grelles direktes Sonnenlicht einwirken lässt, stellen sich die Platten so, dass ihre Flächen den einfallenden Strahlen parallel stehen. Bei[3]) Belichtung eines vielzelligen Pflanzenorgans wird die dem Licht zugewandte Seite reich an Protoplasma, während die andere Seite protoplasmaarm wird.

Auch die freischwimmenden Schwärmsporen niederer Algen bewegen sich in der Richtung des Lichtes nach der Lichtquelle zu oder von ihr ab und auch hier wirken nur die stark brechbaren blauen und violetten Strahlen heliotropisch auf die Pflanzen. Obwohl nur wenig Versuche darüber angestellt worden sind, dürfen wir doch annehmen, dass die Orientirung und die Standorte der Meerespflanzen auch vom Heliotropismus in hohem Maasse beeinflusst sind.

Das[4]) volle direkte Sonnenlicht suchen mit wenigen Florideen und Chlorosporeen die Mehrzahl der braunen Algen oder Tange auf; sie sind deshalb für die sonnigen, seichten Küstenregionen bezeichnend. *Fucus* und *Sargassum* leben im Gezeitengürtel, *Laminaria* bedeckt felsige Klippen wenige Meter unter dem Wasserspiegel, und nur die *Macrocystis pyrifera*, welche gewöhnlich 9—18 m tief im Antarktik gefunden wird, lebt auf St. Paul noch in 84 m Tiefe. Viele Algen zeigen insofern negativen Heliotropismus, als sie die beschatteten Gebiete bewohnen. Bis zu 30 m Tiefe findet man die Schatten-

1) OLTMANNS, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 413.
2) STAHL, Botanische Zeitung 1880.
3) LOEB, Heliotropismus der Thiere 1891, S. 7.
4) BERTHOLD, Mitth. Zool. Stationen. Neapel III, 417.

formen unter Felsblöcken und zwischen grösseren Algen, und noch in 60 m verkriechen sich *Palmophyllum, Cruriopsis, Lithophyllum* und *Lithothamnium* im Sommer an den geschützten Seiten der Felsblöcke.

Indem wir uns jetzt dem Thierreich zuwenden, müssen wir hervorheben, dass alle früher aufgezählten, Chlorophyll oder Xanthellen enthaltenden, Thiere Bewohner der oberen durchleuchteten Wasserschichten sind. Ebenso sind durch Vermittlung der Pflanzenwelt alle pflanzenfressenden Thiere auf die diaphane Region beschränkt.

Aber selbst wenn wir von diesen beiden Gruppen absehen, so können wir doch ein sehr mannigfaltiges Wechselverhältniss zwischen Licht und Thierleben beobachten.

Bei einer grossen Anzahl von Thieren hat man denselben Heliotropismus erkannt, wie ihn die Pflanzen zeigen. Niedere Thiere, welche von einseitigem Licht getroffen werden, bewegen[1]) sich in der Richtung der Lichtstrahlen.

Die stärker brechbaren Strahlen des uns sichtbaren Sonnenspektrums sind für die Orientirung der Thiere geradeso wie bei den Pflanzen ausschlieslich oder doch stärker wirksam. Das Licht wirkt bei konstanter Intensität dauernd als heliotropische Reizursache.

Grelles Licht wirkt auf viele Thiere wie ein elektrischer Reiz[2]). *Pelomyxa* zieht sich zusammen, *Dentalium* zieht seinen Fuss ein, sobald es von einem grellen Lichtstrahl getroffen wird, und da nicht nur sehende, sondern auch blinde oder künstlich geblendete Thiere sich so verhalten[3]), muss man annehmen, dass diese Reaktion durch die Haut vermittelt wurde.

Die Mehrzahl der Thiere, welche die diaphane Region bewohnen, sind auf eine bestimmte Lichtintensität gestimmt, und suchen solche Stellen auf, wo sie diese finden. Spongien leben vielfach unter Steinen oder an beschatteten Stellen.

Riffkorallen bedürfen viel Licht zu ihrem Gedeihen und leben in der stark belichteten Zone der obersten Wasserschichten, sie sind lichthungerig[4]) und wachsen meist in der Richtung der starken Beleuchtung. Dagegen ziehen *Fungia Ehrenbergi* und *Mopsea erythraea* den Schatten vor.

Die Mehrzahl der litoralen Schnecken sind am Tage unter Steinen verborgen und gehen erst Nachts auf Jagd aus.

Am ausgeprägtesten und am leichtesten zu erkennen ist die Abhängigkeit der Plankton-Thiere von einer bestimmten Beleuchtung. Allbekannt ist es, dass die Thiere, welche Nachts das Meerleuchten hervorrufen, am Tage die Meeresoberfläche verlassen und in tieferen Wasserschichten angetroffen werden.

Versuche[5]) mit den Naupliuslarven von *Balanus* haben nun ergeben, dass bei diesen kleinen Krebschen ein zweifacher Heliotropismus vorhanden ist. Bei einseitig einfallendem Licht stellen sie sich

1) Graber, Sitzungsb. Wiener Acad. 1885, S. 129.
Loeb, Heliotropismus der Thiere. S. 109.
2) Engelmann, Pflügers Archiv f. Phys. 1878.
3) Graber, Sitzungsber. Wiener Acad. 1883, S. 201.
4) Keller, Reisebilder aus Madagascar. Seite 61.
5) Groom und Loeb, Biol. Centralblatt 1890, S. 160.

alle auf dem Wege der Lichtstrahlen auf, und bewegen sich auch nur auf diesem Weg. Grelles Licht wirkt negativ heliotropisch, d. h. die Krebse schwimmen in der Richtung der Lichtbewegung von der Lichtquelle fort; schwaches Licht erzeugt positiven Heliotropismus, d. h. die *Nauplius* schwimmen nach der Lichtquelle hin. Wenn die Krebse längere Zeit im Dunkeln gewesen sind, so werden sie positiv heliptropisch, wenn sie aber durch längere Zeit belichtet wurden, so trat negativer Heliotropismus ein.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die periodischen Tiefenwanderungen der pelagischen Thiere dadurch veranlasst sind, dass sie heliotropisch reagiren, d. h., dass sie durch den Lichtstrahl gerichtet werden, zweitens dadurch, dass sie Abends im schwachen Licht positiv, Morgens aber negativ heliotropisch werden. Sobald die Thiere, die durch das Licht negativ-heliotropisch werden, in tiefere Regionen von geringerer Lichtintensität kommen, werden sie wieder positiv-heliotropisch; sie müssten umkehren und wieder nach oben kommen; sie werden aber, sobald sie an stärkeres Licht zurückkommen, wieder negativ-heliotropisch. So werden sie durch das constante Licht in der Schwebe gehalten, während durch wechselnde Beleuchtung am Morgen und am Abend vertikale Wanderungen resultiren. In ähnlicher Weise wirken die längeren Sommertage und die kürzeren Wintertage in den höheren Breiten modifizirend auf die Tiefe, in welcher die pelagische Thierwelt schwebt.

Sehr merkwürdig, wenn auch nur an wenigen Meeresthieren erprobt, ist der Einfluss gefärbten Lichtes auf die Entwicklung der Thiere. Yung[1]) liess Eier von *Loligo* und *Sepia* sich in verschiedengefärbtem Licht, aber unter sonst gleichen Bedingungen entwickeln und fand, dass aus

den Eiern im violetten Licht nach 22 Tagen,
„ „ „ blauen „ „ 25 „
„ „ „ gelbrothen „ „ 30 „

Junge auszuschlüpfen begannen.

Die **Hautfarbe** der Thiere steht in vielen Fällen nachweisbar in engstem Zusammenhang mit dem Licht, und im Allgemeinen[2]) kann man sagen, dass die Entwicklung der Pigmente Hand in Hand geht mit der Intensität der Belichtung.

Man versteht unter Mimicry solche Formen oder Farben eines Thieres, welche ihm eine schützende Aehnlichkeit mit anderen Naturkörpern geben; und die **Mimicryfärbung** soll uns hier zuerst beschäftigen. Die Thiere, welche das offene Meer bewohnen, sind glashell durchsichtig, silberglänzend oder blaugefärbt wie das durchsichtige Element, in dem sie schweben. Die Thierwelt der Florideen[3]) auf den Kerguelen ist sehr lebhaft roth- oder braungefärbt wie die Algen, auf denen sie lebt. Auf Korallenriffen gehört ein überaus geschulter Blick dazu, um die in Form und Farbe ganz den Korallenästen oder abgestorbenen Korallen gleichenden Krebse, Schnecken, Muscheln zu erkennen.

---

1) Mitth. Zool. Station zu Neapel 1880, S. 233.
2) Weber, Archiv für Mikr. Anat. XIX, S. 596.
3) Studer, Forschungsreise der Gazelle III, 138.

In der Klasse[1]) der Fische sind Schutzfärbungen ziemlich häufig. Die Schollen, Steinbutten, Rochen entziehen sich durch die sandgraue Färbung ihrer Oberseite leicht allen Nachstellungen. *Sygnathus typhle* gleicht so sehr den Blättern von *Zostera marina*, dass er zwischen Seegras gar nicht erkannt werden kann. Die Krebse *Crangon vulgaris* und *Corophium longicorne* sind auf dem Sande der Ostsee nicht zu sehen. *Capella* und *Leptomera* sind in der Farbe vollkommen dem Seegras angepasst, und *Idotea tricuspidata* zeigt eine verschiedene Zeichnung, je nachdem sie auf Seegras, Algen oder todten braunen Seegrasblättern gefunden wird.

Die *Patella pellucida* der Nordsee ist auf den Laminariablättern kaum zu bemerken, *Strombus, Pteroceras, Conus* leben auf Korallenriffen und ahmen Korallenäste in Form und Farbe nach. Die Schale von *Litorina pagodus* gleicht so sehr den schwammig zerfressenen Felsen Timors, dass sie auf einen Schritt Entfernung nicht zu erkennen sein soll.

Eine grosse Zahl von Farbstoffen hat man bei Thieren nachgewiesen. Moseley[2]) nennt allein 20 verschiedene Arten. v. Merejkowski[3]) fand den, von ihm Tetronerythrin genannten, Farbstoff bei 104 Thierarten der verschiedensten Klassen; und wenn auch Mac Munn zeigte[4]), dass hierbei verschiedene Farbstoffe zusammengeworfen wurden, so betont er doch auch die Abhängigkeit der Bildung dieser Farben von dem Lichte.

Den besten Beweis dafür, dass die Farbe der Umgebung einen bestimmenden Einfluss besitzt auf die Färbung eines Thieres, liefern diejenigen Thiere, deren Hautfarbe einem Wandel unterworfen ist.

In der Haut von Fischen, Cephalopoden und Krebsen kommen contraktile Zellen vor, deren Inneres mit rothem, braunem, grünem, gelbem, schwarzem Farbstoff erfüllt ist, und die man als Chromatophoren bezeichnet. Dehnen sich die rothen Zellen flächenhaft aus, so erhält die ganze Haut eine röthliche Färbung; ziehen sich diese zusammen, während die grünen Zellen sich verbreitern, so wird der Körper grünlich gefärbt; contrahiren sich alle Chromatophoren, so wird die Hautfarbe weiss.

Die Versuche von Pouchet[5]) haben nun ergeben, dass das durch die Chromatophoren ausgeübte Farbenspiel, vom Auge aus regulirt wird. Wenn er bei einem *Rhombus* die Augen blendete oder die Sehnerven zerstörte, so waren dieselben nicht mehr im Stande, die Farbe zu verändern. Ebenso behalten blinde Fische des Süsswassers wie des Meeres unverändert ihre Farbe bei. Ebenso wies Klemensiewicz[6]) nach, dass geblendete Tintenfische keinen spontanen Farbenwechsel zeigen. *Sygnathus* nimmt nach Heincke die gelbgrüne, dunkelgrüne oder braune Farbe der Seegrasblätter an, zwischen denen er lebt. Junge Thiere wechseln die Farbe in kaum einer Minute, während ältere Individuen etwa eine Stunde brauchen, ehe sie die ihre Umgebung entsprechende

1) Schedel, Zool. Garten 1887, S. 140.
2) Quat. Journal Micr. Sc. XVII, N. S.
3) Comptes Rendues Acad. T. 93, S. 1029.
4) Mac Munn, Q. J. Micr. Soc. XXXI. S. 90.
5) Pouchet, Journal de l'Anat. et de la Physiol. T, XII, 1876, S. 85.
6) Klemensiewicz, Sitz. Ber. Wiener Acad. Juni 1878, S. 33.

Farbe angenommen haben. *Gobius Ruthensparri* besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, in relativ ausserordentlich kurzer Zeit seine Farbe der Farbe der Umgebung anzupassen.

Eine frisch gefangene *Sepia* wird in einer weissen Schüssel weiss, indem sich alle Chromatophoren zusammenziehen, auf braunem Grunde wandelt sich die Hautfarbe in ein Graubraun, auf fleckigem Grunde wird auch die Haut mit wechselnden Flecken bedeckt.

Palaemon serratus[1]) wird in weissen Gefässen hellgelb, in schwarzen Gefässen braunroth. Wie bei den Fischen konnte auch hier festgestellt werden, dass nach Zerstörung des Sehvermögens die Contraktion der verschiedenen Chromatophoren aufhört. Farbenwechsel zeigen auch *Gelasimus, Mysis, Nika, Idothea, Protella, Squilla* u. A.

Einen scheinbaren Widerspruch zu dem Satze, dass die Färbung der Thiere im engsten Zusammenhang mit dem Lichte steht, bildet die auffallende Thatsache, dass die Tiefseethiere meist brillant gefärbt sind. Vorherrschend ist Purpur, Roth und Orange; Grau ist selten. Keller[2]) hat zur Erklärung dieser Thatsache darauf hingewiesen, dass ein farbiger Gegenstand, im Lichte seiner Complementärfarbe betrachtet, dunkel erscheint, d. h. verschwindet. Infolgedessen ist im grünen Wasser der geringeren Tiefen Roth und Orange eine Schutzfarbe für die Thiere.

Obwohl nun bis in die abyssischen Tiefen kein Tageslicht hinabdringt, so giebt es doch da unten Lichtquellen in der Phosphorscenz der Tiefseethiere. Viele derselben sandten noch an Bord der Schiffe ein so intensives Licht aus, dass es Moseley gelang, dieses Licht spektralanalytisch zu untersuchen. Es ergab sich hierbei, dass neben rothen und gelben, besonders grüne Strahlen ausgesandt wurden, während blaues und violettes Licht fehlte oder vom Wasser absorbirt wurde. Unter solchen Beleuchtungsverhältnissen gewinnt Purpur als dominirende Farbe eine ganz besondere Bedeutung, denn es ist die Complementärfarbe zu Grün.

Wir sahen oben, dass viele Meeresthiere durch Mimicry so gut angepasst sind, dass man ihre Existenz nur erkennt, wenn sie sich bewegen. Nun scheinen schon die Augen der niederen Wirbelthiere, in noch höherem Maasse aber die Augen der Wirbellosen nicht so sehr geeignet[3]) zu sein, Formen zu unterscheiden, als gerade Bewegungen zu empfinden. Dementsprechend sind die meisten Augen niederer Thiere von sehr einfacher Organisation. Häufig sind es blosse Pigmentflecke, dann tritt ein lichtbrechender Körper, die Linse, hinzu und nur bei den Cephalopoden ist der Bau des Auges demjenigen der Wirbelthiere gleichorganisirt. Manche dieser Augen werden nur wenig mehr Licht empfinden als die Körperfläche des Thieres, andere Augen werden auch Bewegungen erkennen können. Hier ist noch ein reiches Feld für physiologische Experimente. Für uns ist es wichtig, daraufhinzuweisen, dass diese Augen solche Stellen der Körperoberfläche sind, welche besser als andere, Licht zu empfinden und zu unterscheiden im Stande sind.

---

1) Seidlitz, Beiträge zur Descendenztheorie 1876, S. 24.
2) Kosmos 1883, S. 37.
3) Carrière, Sehorgane der Thiere 1885, S. 190.

In den Augen ist ein Sinn differenzirt und spezialisirt, welcher der ganzen Körperoberfläche vieler Thiere eigenthümlich ist.

Schon mehrfach hat man die Thatsache betont, dass Tiefseethiere häufig blind sind, oder verkümmerte Augen besitzen. Aber diese Thatsache erschien um so sonderbarer, da man andere nahe verwandte Thiere mit hochentwickelten Augen aus ähnlichen Tiefen heraufbrachte. Wie ist es möglich, dass blinde und sehende Thiere dort nebeneinander vorkommen? Wenn das Licht so gering ist, dass die einen Thiere erblinden, wie können dann die Augen der anderen noch funktioniren? Zur Erklärung dieser Thatsache haben Mac Culloch und Coldstream[1]) die „abyssal theory of light" aufgestellt, wonach das Licht phosphorescirender Thiere in der Tiefsee das Sonnenlicht ersetze.

Selbst wenn wir die Richtigkeit dieser Annahme zugeben, so erklärt sie wieder nur die Existenz sehender Tiefseethiere, nicht aber das Zusammenvorkommen von sehenden und blinden Formen; und so scheint es nützlich, die Frage an der Hand der Thatsachen näher zu beleuchten.

Die in ihrem Habitus den Triboliten überaus ähnliche Isopodengattung *Serolis*[2]) lebt im Antarktik vom Seichtwasser bis hinab zu den grössten Tiefen.

Serolis schythei findet sich von 7—128 m. Sie besitzt grosse wohlentwickelte Augen, welche stark aus dem Kopfschild hervortreten.

Serolis bromleyana lebt von 730—3600 m, ihre Augen sind klein und rückgebildet.

Serolis gracilis wurde in 1230 m Tiefe in mehreren Exemplaren fischt. Zwei Stück glichen in ihrer Augenentwicklung der *S. bromleyana*, ein Exemplar hatte noch stärker verkümmerte Augen, während ein drittes verschwindend kleine, degenerirte Augen besass.

Serolis antarctica lebt von 730—2920 m und ist vollkommen blind.

Es ist naheliegend, aus dieser Degenerationsreihe den Schluss zu ziehen, dass *Serolis* auf der Wanderung zur Tiefsee begriffen, allmählig ihre Augen verliert, und dass der Unterschied in der Ausbildung der Augen durch die Länge der Zeit erklärt wird, welche seit der Einwanderung einzelner Generationen verstrichen ist. Hat man doch durch diese Annahme alle Schwierigkeiten lösen zu können geglaubt, welche sich aus dem Vorkommen blinder und sehender Gattungen in der Tiefsee ergeben.

Anders gestaltet sich aber schon die Frage, wenn wir auch andere Isopoden in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen.

Pleurogonium[3]) ist blind, obwohl er nur im diaphanen Gebiet lebt.

Munnopsis, Eurycope, Ischnosoma, Typhotanais, Cryptocope, sind blind im Seichtwasser, wie in der Tiefsee.

Anuropus, Sphyrapus, Trichopleon, Neotanais, Nannoniscus, Leiopus, Jolanthe, Neasellus,
leben nur in der Tiefsee und sind vollkommen blind, während die

1) Semper, Existenzbedingungen der Thiere I, S. 104.
2) Beddard, Chall. Rep. Zool. XXXIII.
3) Beddard, Chall. Rep. Zool. XLVIII.

beiden Tiefseegattungen *Acanthomunna* und *Bathynomus* Augen besitzen.

Die in geringeren Tiefen auftretenden Asseln sind dadurch lehrreich, dass sie eine sehr verschiedene Lebensweise führen. Die einen leben als Raubthiere frei, andere wühlen im Schlamm, wieder andere sind äussere oder innere Parasiten auf grösseren Fischen und ähnlichen Wirthen. Sollte nicht die Lebensweise der Tiefseekrebse ähnliche Unterschiede zeigen?

Die Schizopodengattung *Boreomysis*[1]) zeigt in dieser Hinsicht sehr lehrreiche Eigenthümlichkeiten. *Boreomysis obtusata* besitzt an ihrem Hinterleib lange gefiederte Schwimmfüsse. Die ganze Form des Körpers giebt der Vermuthung Raum, dass sie in Anpassung an nektonische Lebensweise erworben wurde. Die Augen sind wohl entwickelt. *Boreomysis microps* ist von ähnlicher, wenn auch etwas gedrungener Form; die Augen sind klein. *Boreomysis scyphops* zeigt an ihrem Abdomen kurze, wenig befiederte Fussstummel; der ganze Habitus entfernt sich von der elegant gestreckten Form ihrer pelagisch lebenden Verwandten. Augen fehlen.

Bentheuphausia amblyops hat einen lebhaft roth gefärbten Körper und unterscheidet sich dadurch von allen pelagisch lebenden Euphausiden, deren schlanker Körper glashell durchsichtig ist. Ihre Augen sind sehr klein und rudimentär.

Chalaraspis alata besitzt einen breiten tonnenförmigen Cephalothorax, der Hinterleib ist kurz, zum Schwimmen ungeeignet, die Beine klein und kurz, die Augen sind verkümmert.

Ich glaube, dass diese Thatsachen der Hypothese Raum geben, dass die sehenden Tiefseeformen eine nektonische, die blinden eine benthonische Lebensweise führen. Die frei im Wasser umherschwimmenden Fische und Krebse der Tiefsee bedürfen der Augen, um bei dem zarten Schein eigener oder fremder Leuchtorgane ihre Beute zu erhaschen. Die im Schlamme kriechenden Arten haben ihre Augen ebenso verloren, wie der Maulwurf sein Sehvermögen eingebüsst hat. Ich glaube nicht, dass damit alle Thatsachen in der Augenanatomie der Tiefseethiere erklärt werden, aber ich bin der Ueberzeugung, dass die Lebensweise der Tiefseethiere bei der Beurtheilung dieser Frage eine bessere und befriedigendere Lösung giebt als die Annahme, dass nur die Zeitdauer der Einwanderung in die Tiefsee die Verschiedenheit der Augenrückbildung erklärt.

Ich halte es besonders aber für einen verhängnissvollen Schluss, wenn man aus dem Auftreten blinder fossiler Thierformen „tiefes Wasser“ zur Erklärung der Thatsache annimmt. Berechtigt ist nur der Schluss auf eine Lebensweise, bei welcher die Augen überflüssig sind, wahrscheinlich ist der Schluss auf „dunkeles Wasser“. Wenn man bedenkt, wieviel augenlose Thiere im seichten Wasser leben, so kann es uns gar nicht wundern, dass auch Tiefseethiere blind sind, allein es ist das keine charakteristische Erscheinung aller Tiefseethiere.

Petalophthalmus armiger, der neuerdings so oft citirte blinde Krebs, lebt allerdings von 280—4570 m, auch *Pseudomma Sarsi* kommt von 220—3000 m vor, beide erreichen also die obere Grenze,

---

1) G. O. Sars, Chall. Rep. Zool. XXXVII.

der vielfach mit dem Wort Tiefsee identifizirten aphotischen Region. Aber die blinde *Pseudomma australis* ist in 60 m Tiefe gefunden worden. Und wenn auch das Exemplar nicht vollständig erhalten ist, so beweist doch diese Thatsache, dass blinde Schizopoden auch in der diaphanen Region leben.

Grimm[1]) fand, dass bei den blinden und schwachsichtigen Amphipoden *Niphargus* und *Onesimus*, welche die Tiefen des kaspischen Meeres bewohnen, das fehlende Sehvermögen durch die gesteigerte Funktion anderer Organe ersetzt wird. *Niphargus caspicus* lebt, mit *Vorticella* bewachsen, auf dem Schlamm und besitzt sensible Fühler, während der im Schlamm grabende *Onesimus* keine äusseren Fühlfäden besitzt.

Auch in dieser Thatsache erblicke ich einen Beweis dafür, dass die Verkümmerung specifischer Sinnesorgane nicht von der allgemeinen Lichtarmuth der Tiefsee, sondern von specifischen Lebensgewohnheiten veranlasst wird.

---

1) Archiv f. Naturgesch. 1880, S. 124.

6. Der Einfluss der Temperatur.

Das Wasser hat von allen Körpern[1]), welche auf der Erdoberfläche angetroffen werden, die grösste Wärmekapazität, daher mässigt es die Extreme der Temperatur in der Zeit und im Raum. Das Klima im Innern des Festlandes ist durch sehr bedeutende Temperaturschwankungen ausgezeichnet. Je mehr wir uns aber den Küsten nähern, desto geringer werden diese Differenzen, weil das Meerwasser sie auszugleichen bestrebt ist.

Da die spezifische Wärme[2]) des Wassers so bedeutend ist, so erfolgt eine Erwärmung oder Abkühlung des Meeres überaus langsam. Die Oberfläche des Wassers reflektirt einen grossen Theil der auffallenden Wärmestrahlen, ein anderer Theil der Sonnenwärme wird bei der Verdunstung des Wassers gebunden, das eingedampfte Seewasser der Oberfläche wird schwerer, sinkt in die Tiefe, neue Wasserschichten steigen empor — kurzum eine Veränderung der Wassertemperatur erfolgt viel langsamer als ein Wechsel in der Erwärmung des Festlandes.

Im grossen Ganzen mildern die Meere leichter die Kälte des Winters als die Wärme des Sommers, die Kälte der Polarländer mehr als die Wärme der Tropen.

Was die untere Grenze der Meerestemperaturen anlangt, so ging man früher von der Annahme aus, dass das Meerwasser ebenso wie das Süsswasser bei + 4° C. sein Dichtigkeitsmaximum habe. Allein nach den Versuchen[3]) von Despretz sinkt die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums mit zunehmendem Salzgehalt schneller als der Gefrierpunkt; und das Sinken des Gefrierpunktes unter 0°, sowie das Dichtigkeitsmaximum unter +4° C. stehen beinahe in direktem Verhältniss zum Salzgehalt.

Spez. Gewicht	Dichtemaximum	Gefrierpunkt
1,0273	—3,67 ° C.	—1,84 ° C.
1,0281	—4,74 ° C.	—2,06 ° C.
1,0267	—3,21 ° C.	—1,90 ° C.
1,0281	—3,90 ° C.	—2,10 ° C.

Damit hängt es zusammen, dass die Temperatur des Meeres mehrere Grad unter 0° abgekühlt werden kann, ohne zu frieren.

1) Woeikoff, Die Klimate der Erde. S. 107, 143.
2) Thoulet, Océanographie, I, S. 306.
3) v. Boguslawsky, Ozeanographie. S. 236.

Das Oberflächenwasser ist im Allgemeinen 1° C. wärmer als die unmittelbar daraufliegende unterste Luftschicht, doch beobachtet man in der Nähe der Küste bedeutendere Differenzen.

Die höchste Oberflächentemperatur beobachtete man in der Celebessee mit 31° C., die niedrigste mit —2,8° C. nahe einem antarktischen Eisberg.

Das Bild der Isothermen der Meeresoberfläche wird wesentlich modifizirt durch die Meereströmungen. Das warme Wasser des Golfstromes macht sich bis in den Polarkreis hinein bemerkbar, eine parallele Strömung verläuft an der Ostküste von Asien und erwärmt das Meer bis nach den Aleuten, während kalte Strömungen längs der Westküste von Südamerika, Afrika und Australien die Isothermen nach dem Aequator hin zusammendrängen.

Nach Beobachtungen im Mittelmeer hören die täglichen Temperaturschwankungen in 18 m, die jährlichen in 400 m Tiefe auf.

In der Chinasee hört die Wirkung der Jahreszeiten in 185 m Tiefe auf, bei einer Temperatur von 15,6° C.

In der tropischen Zone des Atlantik betragen die jährlichen Schwankungen 2,4° C., in der gemässigten Zone 7,2° C. Flache Meeresbecken nehmen, sofern sie nicht in beständigem Austausch mit dem Ozean stehen, bald die Temperatur der Oberfläche bis zum Grunde an, im tiefen Meer dagegen vollzieht sich der Austausch verschieden schweren Wassers so langsam, dass man eine ziemlich bedeutende Temperaturabnahme bis zum Meeresgrunde bemerken kann.

Die Temperatur[1]) nimmt zuerst rasch, dann langsamer bis zu einer Tiefe von 730—1100 m ab, in der eine Temperatur von + 4° C. herrscht. Von da ab erfolgt die Temperaturabnahme noch langsamer und das Wasser des Meeresbodens zeigt + 2°, bis — 2,5° C.

Die leichte Beweglichkeit der Wassermoleküle bringt es mit sich, dass das Meer in bestimmte übereinander geschichtete Dichtigkeitszonen gegliedert erscheint. Aber da die Temperatur nicht der einzige Faktor für die Schichtung gleich dichter Wassertheile ist, sondern der Salzgehalt des Wassers ebenfalls beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein kann, so kommt es vor, dass wärmere Wasserchichten infolge ihres höheren Salzgehaltes schwerer sind als salzarme kältere Wassertheile.

Dadurch erklärt sich die in kälteren Meeren öfters beobachtete Thatsache, dass die Temperatur nach der Tiefe zu höher wird, um dann wieder abzunehmen. So beobachtet HOFFMEYER in der Dänemarkstrasse zwischen Grönland und Island:

Tiefen in Meter	Temperatur in ° C.
0	1,7
9	1,2
19	—1,2
28	—1,6
38	—0,8
47	5,3
56	5,9

1) v. BOGUSLAWSKY, Ozeanographie I, S. 243.

Tiefen in Meter	Temperatur in ° C.
69	6,2
107	6,3
188	6,1
565	—0,1
650	—1,1

Aehnliche Beobachtungen machte der Challenger[1]) im südlichen Indik, und RODGER[2]) in der Behringsstrasse. Auch das Auftreten[3]) isolirter, in sich geschlossener Inseln wärmeren oder kälteren Wassers, wie solche im Nordatlantik und im Karischen Meer erscheinen, hängt mit den durch schmelzendes Eis hervorgerufenen Dichteunterschieden zusammen.

Ueberhaupt ist die Vertheilung der Temperatur nahe der Küste und in Meeresbuchten eine viel ungleichmässigere als im offenen Meere. Denn die Zahl der modifizirenden Ursachen ist hier wesentlich grösser. Die Bildung von Eis, das Einströmen von süssem kalten Wasser, der Einfluss oft wechselnder Winde äussert sich in der mannichfaltigsten Weise.

Wenn im Loch Strivan (Schottland) der Wind einige Stunden lang seewärts geweht hat, so treibt er beständig so viel Oberflächenwasser aus der Bucht hinaus, dass das kalte Grundwasser emporsteigt und binnen kurzer Zeit die Temperatur an der Oberfläche um 15° sinkt.

Allein wenn man von diesen für die Flachsee, für Archipele und Aestuarien bemerkenswerthen Thatsachen absieht, so findet man das Wasser des offenen Meeres nach Temperaturen überaus regelmässig geschichtet. Die Temperatur nimmt in den oberen Wasserschichten ziemlich rasch ab, d. h. die Schichten gleicher Temperatur sind ziemlich dünn; nach unten aber erreichen sie eine sehr beträchtliche Dicke. Wichtig ist es, dass diese verschieden warmen Wasserzonen durch die ganze Breite eines Ozeans annähernd horizontal übereinander geschichtet sind, und dass infolgedessen die Thierwelt des offenen Meeres, sofern sie in ihrer Vertheilung von der Temperatur bedingt wird, in horizontalen Zonen übereinander schwebt. Zugleich ergiebt sich aus den bisher erwähnten Thatsachen, dass man die Temperaturen des Tiefseebodens der Tropen wiederfindet, in den Temperaturen geringer Tiefen im Polarmeere. Mit Bezug auf die Temperatur ist also die Flachsee der Polarmeere gleichwerthig mit der Tiefsee der wärmeren Zonen.

Die Temperatur am Boden eines abgeschlossenen Meeres entspricht der geringsten Wintertemperatur des betreffenden Gebietes. Das Mittelmeer ist durch eine 1000 m tiefe Bodenschwelle bei Gibraltar von der offenen Zirkulation mit dem Atlantik abgeschnitten. Infolgedessen nimmt von oben nach unten die Temperatur bis 13° ab, dann bleibt diese Temperatur konstant bis zum Meeresboden. Diese invariable Wasserschicht ist im westlichen Mittelmeer 2550 m, im östlichen Becken aber 3100 m hoch.

---

1) CHALLENGER, Report. Narrative I, Diagramm 9.
2) PETERMANNS Mitth. III, S. 57.
3) PETERMANNS Mitth. XVII, S. 105.

Interessant ist eine Vergleichung[1]) der Temperaturvertheilung im Atlantik und Pazifik. Das Wasser des Nordpazifik ist in seiner ganzen Masse kälter als das des Atlantik. Das Wasser des Südpazifik ist bis 1300 m Tiefe etwas wärmer als das des Südatlantik, unterhalb dieser Tiefe aber kälter. Die Bodentemperaturen sind im Pazifik im Allgemeinen niedriger als im Atlantik in denselben Tiefen und Breiten, aber nirgends findet man in jenem so niedrige Bodentemperaturen wie im Südatlantik.

Im Atlantik nimmt die Temperatur von 2750 m bis zum Boden allmälig ab, dagegen findet man im Westpazifik eine ganze Anzahl untermeerisch abgeschlossener Becken, welche schon in geringeren Tiefen ihr Minimum haben. So reicht die invariable Wärmeschicht

in der Chinasee von 1800 m — 3800 m mit 2,8 ° C.
„ „ Sulusee „ 900 m — 4500 m „ 10,2 ° C.
„ „ Celebessee „ 1400 m — 3800 m „ 3,7 ° C.
„ „ Bandasee „ 1800 m — 4200 m „ 3 ° C.

Wird das Seewasser unter —3 ° C. abgekühlt, so gefriert es. Hierbei theilt es sich in einen flüssigen Theil, welcher reicher an Chlorverbindungen ist, und in das feste Eis, in dem die Schwefelverbindungen vorherrschen. Das Eis entsteht als ein Brei lose zusammenhängender Eiskrystalle, zwischen denen eine konzentrirte Soole vertheilt ist. Beim Weiterfrieren bilden sich die Eiskrystalle unter der zuerst entstandenen Decke, infolgedessen ist das so gebildete Eis ziemlich salzfrei.

Das spezifische Gewicht des Eises ist 0,917; infolgedessen schwimmt dasselbe so im Seewasser, dass $^1/_7$ — $^1/_{10}$ des Eisvolumens über den Wasserspiegel herausragt. Die Dicke des in einem arktischen Winter gebildeten Eises beträgt 1—2,5 m.

Im Beginn des Sommers wird die Eisdecke zerbrochen, ein Theil der Schollen wird an der Küste zu dem oft ziemlich mächtigen Packeisgürtel aufgestaut, während ein anderer Theil als Treibeis ins offene Meer geräth und weit hinaustransportirt wird. Die Grenze, bis zu welcher Seeeis geflösst wird, ist noch nicht genauer untersucht, denn die sogenannte Treibeisgrenze wird wesentlich durch die viel grösseren und langsam schmelzenden, festländisch entstandenen Eisberge markirt.

Aus allem bisher Gesagten ergiebt sich also, dass das Seewasser — 3 ° C. bis + 31 ° C. warm sein kann,

zweitens, dass die Schwankungen der Temperatur nur sehr langsam erfolgen,

drittens, dass von einer bestimmten Tiefe bis zum Meeresboden konstante Temperaturen herrschen.

Betrachten wir jetzt, in welcher Weise die Organismen von den Temperaturen des Meeres abhängig sind, so müssen wir mit Moebius[2]) die marinen Lebewesen in eurytherme und stenotherme eintheilen. Eurytherme Pflanzen und Thiere können beträchtliche Temperaturschwankungen ertragen. Stenotherme Organismen sind an konstante Temperaturen gewöhnt und sterben, sobald sich die Temperatur wesentlich und rasch verändert.

---

1) v. Boguslawsky, l. c. S. 310.
2) Rede auf der Naturforscher-Vers. zu Hamburg 1876.

Viele Algen des Litoralgebietes[1]) sind eurytherm. *Corallina officinalis, Ralfsia verrucosa, Fucus vesiculosus, Nemalion lubricum, Polysiphonia nigrescens* können eine sehr beträchtliche Temperaturerhöhung vertragen, ohne zu leiden. Ja manche Arten der Ostsee leben noch bei 30° C.

Andere Algen der Ostsee sind stenotherm und sterben bei Temperaturschwankungen von wenigen Graden sehr rasch. Für viele Arten ist eine niedrige Temperatur sehr günstig, und mitten im Winter ist der Boden der Ostsee bei 0° C. mit einer üppigen Vegetation bedeckt, deren Sporen schon bei Beginn des Frühlings reifen.

Während Lorenz den Einfluss der Temperatur auf die Vertheilung der Algen im Quarnerischen Golfe nachweisen zu können glaubte, konnte Berthold im Golf von Neapel nicht finden, dass die Höhe der Temperatur für die marine Vegetation von Bedeutung sei. Für die grosse Mehrzahl[2]) der Algen an der Oberfläche fällt die Vegetationsperiode auf die Zeit vom Spätherbst bis Sommeranfang; dagegen gedeihen die Algen in der Tiefe am besten während des Sommers.

Zahlreiche, im Allgemeinen im Winter vegetirende Gattungen, wie *Bryopsis, Callithamnium, Griffithia, Plocamium* treten an stark beschatteten Orten erst im Hochsommer auf.

Während die meisten festländischen Thiere Warmblüter sind und sich durch Pigmente und Schweisssekretion gegen allzu grosse Hitze, durch Fettpolster, Haare und Federn gegen die Kälte schützen, gehören die meisten Meeresthiere zu den Kaltblütern, oder besser gesagt, zu den „wechselwarmen Thieren." Denn ihre Temperatur verändert sich mit wechselnder Wasserwärme und ist in der Regel nur 1—2° C. wärmer als ihre Umgebung. *Spatangus purpureus*[3]) aus 38 m bei 8,6° C. hatte eine Körpertemperatur von 10,96°, während *Trigla hirundo* bei 12° C. Seetemperatur 12,75° C. Körperwärme besass.

Infolgedessen hat die Temperatur der Umgebung in ihrer Höhe und in ihren Schwankungen einen viel grösseren Einfluss auf das Leben der Wechselblüter, und so darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn die meisten Meeresthiere stenotherm sind.

Da nun der Einfluss der wechselnden Jahreszeit auf die Temperatur der See unterhalb 400 m endet, und von da ab eine unveränderliche Temperatur herrscht, so werden festsitzende oder wenig bewegliche Thiere in einiger Tiefe kaum in die Lage kommen, Temperaturveränderungen kennen zu lernen.

Andererseits wird ihrer geographischen Verbreitung eine Grenze gesetzt durch Linien gleicher Temperatur des Seewassers: Isothermen.

Aber man versteht gewöhnlich unter Isotherme eine Linie gleicher mittlerer Temperatur. Solche Linien haben aus den oben angeführten Gründen[4]) keine Bedeutung für die Vertheilung mariner Organismen; denn eine Lokalität, deren Temperatur zwischen + 10 und + 30° C. schwankt, hat dieselbe mittlere Temperatur von + 20° wie eine andere Stelle, welche nur + 18 und + 22° C. zeigt. In dem letzteren Falle

1) Oltmanns, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 356.
2) Berthold, Mitth. Zool. Station Neapel 1882, S. 428.
3) Martins Ann. Sc. Nat. 3. Serie, V. S. 187.
4) Semper, Existenzbed. d. Thiere I, S. 127.

können alle stenothermen Thiere wohlgedeihen, die in dem ersten Fall bei derselben mittleren Temperatur nicht würden leben können.

Infolgedessen kat DANA[1]) vorgeschlagen, die Meerestemperaturen in Linien gleicher Minimaltemperatur: Isokrymen anzugeben. Denn die Linien „gleicher Kälte" sind bionomisch ungemein viel wichtiger als die Linien gleicher Mitteltemperaturen.

Die Vertheilung der Meeresalgen ist vielmehr vom Lichte als von der Temperatur abhängig. *Scinaia* gedeiht ausgezeichnet noch bei 25° C. Wasserwärme, und die Tangflora der Polarmeere ist bei 0° C. noch eine sehr üppige.

Auch für die Meeresthiere ist die absolute Temperaturhöhe ganz gleichgiltig. Am Boden der Tiefsee und in den Polarmeeren herrscht eine Temperatur von 0° C. oder weniger, und dennoch ist hier das Thierleben unendlich reich. Aus 4754 m Tiefe brachte ein Netzzug 50 Thiere in 27 Arten und 25 Gattungen herauf.

Ein Theil[2]) der pelagischen Thierwelt scheint gegen Schwankungen der Temperatur und gegen direkte Besonnung unempfindlich zu sein. Aber im Allgemeinen ist in den Tropen am Tage die Oberfläche des Meeres wenig bevölkert. Es macht einen überraschenden Eindruck, wenn man in dem klaren Wasser am Rande der Korallenriffe so wenig pelagische Thiere sieht, und wenn dieselbe Stelle des Nachts von dem phosphoreszirenden Glanze unzähliger Thiere erleuchtet wird.

Die Annahme liegt nahe, dass die hohe Temperatur der obersten Wasserschicht den treibenden Geschöpfen unangenehm ist und dass sie auch deshalb am Tage in einiger Tiefe schwimmen.

Dagegen findet man in der Thierwelt des Strandes viele eurytherme Thiere.

Anfang August 1885 beobachtete RICHET[3]) auf dem Strande von Roscoff, bei Ebbe vereinzelte Seewassertümpel, in denen die Temperatur auf 27° C. stieg, während das Meer nur 15° C. warm war. Trotzdem lebten in diesen Tümpeln: Krabben, Einsiedlerkrebse, Fische, Aktinien, Spongien und Schnecken, ohne unter der hohen Temperatur zu leiden. RICHET bestimmte die Körpertemperatur eines in 15° warmem Wasser lebenden Seeigels zu 15°, während die in den warmen Pfützen lebenden Thiere 22—25° C. Körperwärme besassen. Später hat FRENZEL[4]) die Temperaturen bestimmt, welche einzelne Litoralthiere aushalten ohne zu leiden und fand, dass

Antedon	bei 30° stirbt,
Diopatra	„ 40° „
Terebella	„ 30° „

Aplysia kann bei 26° leben, *Pleurobranchaea* stirbt rasch bei 40°, *Murex* verträgt eine Wärme von 30° lange Zeit, auch *Pecten* geht bei 30° nicht sofort zu Grunde. *Scyllarus* verendet langsam bei 26°, *Palaemon* stirbt bei 26°, *Hippocampus* verträgt 30° mehre Stunden lang.

1) Sillim. Americ. Journal 1853, S. 153.
2) CHUN, Die Pelagische Thierwelt. S. 62.
3) Archives de Zool. Experim. 2, III., 1885, S. VI.
4) Archiv für Physiologie 1885, S. 463.

Diesen pelagischen und litoralen eurythermen Thieren steht die Mehrzahl der anderen Meeresthiere als stenotherm gegenüber.

Die Bewohner der Meeresoberfläche und der Flachsee in der tropischen und der gemässigten Zone müssen relativ beträchtliche Wärmeschwankungen ertragen können. — Aber die Bewohner des tieferen Wassers, und der Polargebiete leben in einem Element, dessen Temperatur überaus konstant ist.

Betrachten wir zuerst die Polargebiete, so müssen wir auf den tiefgreifenden Gegensatz aufmerksam machen, der zwischen den Landorganismen und den Meeresthieren und Pflanzen dieser Region besteht. Wir sind gewohnt, mit zunehmender Breite ein Verkümmern und endliches Verschwinden des Pflanzenwuchses zu beobachten. Nur während der kurzen Sommertage spriesst auf Spitzbergen und Grönland eine ärmliche Flora aus dem Boden, und auf den Eisfeldern der höheren Breiten lebt nur noch *Protococcus nivalis*, jene kleine rothgefärbte Alge.

Auch das Thierleben wird ärmer. Die meisten Pflanzenfresser und Insekten verschwinden, und nur einige Wasservögel finden sich noch in beträchtlichen Schaaren. Mit Unrecht hatte man früher aus der Analogie festländischer Bewohner auf die Organismenwelt des Meeres geschlossen. Unter — 3 ° C. kann sich das Seewasser im hohen Norden nicht abkühlen und im August 1889 beobachtete KUEKENTHAL[1]) bei Spitzbergen als Wassertemperatur 3,2 ° C. Die grössten Schwankungen der Wasserwärme betragen also hier 6,2 ° C. Kein Wunder, dass sich unter solch günstigen Existenzbedingungen eine ungemein reiche Fauna in den Polarmeeren entwickelt.

Das Eismeer[2]) bei Spitzbergen ist an manchen Stellen wegen der darin lebenden Millionen von Thieren buchstäblich wie ein Brei; an der schwedischen Küste sucht man vergeblich nach einem solchen Reichthum üppigster Entwicklung.

In den Tangwiesen[3]) am Strande, in den Wäldern der riesigen Laminarien treiben Millionen von Krebsthieren ihr Wesen und, durch die stets gleiche Temperatur begünstigt, erreichen sie eine ungewöhnliche Grösse. An Steinen und am Meeresgrunde leben Muscheln und Schnecken — es sind theilweise dieselben wie in unserer Ostsee, aber sie zeigen meist einen kräftigeren Bau.

Bei den Ryk-Ys-Inseln fand KUECKENTHAL[4]) in 90 m den Meeresboden ganz bedeckt mit Kalkbryozoen. Dazwischen lagen runde Kieselschwämme von Apfelgrösse, Sykonen mit langen, mit Kalknadeln besetzten Oscula, Hydroidpolypen und Echinodermen. Einen ganz ähnlichen Reichthum an Thieren zeigt das südliche Eismeer. PFEFFER[5]) hat die Fülle der interessanten Litoralformen dieses Gebietes beschrieben und gezeigt, wie mannichfaltig die Fauna des Antarktik ist. Die Faunen wechseln auf kurze Entfernung so, dass man kaum von zirkumpolaren Formen sprechen kann.

1) KUEKENTHAL, Deutsche Geogr. Blätter 1890, S. 89.
2) PETERMANNS Mitth. Bd. 16, S. 143.
3) PANSCH, PETERMANNS Mitth. Bd. 17, S. 222.
4) l. c. S. 54.
5) Die niedere Thierwelt des antarkt. Ufergebietes, S. 10.

Nur eine eigentliche Strandfauna und Strandflora ist im Polargebiet nicht vorhanden. Denn die dicken Packeismauern, welche die Felsen des Strandes während des Winters umhüllen, und deren Schollen während jeden Sturmes scheuernd und reibend an der Felsenküste arbeiten, verhindern den Ansatz jeder Strandflora und die reichere Entfaltung des litoralen Thierlebens. Daher findet man die *Laminaria* [1]) an den arktischen Küsten in viel tieferem Wasser als an dem Litoral von Frankreich; und die reiche Fülle festsitzender, eingebohrter, kriechender und laufender Thiere, welche die Strandregion der gemässigten und wärmeren Zonen bevölkern, leben im Polarmeer unterhalb der Region, welche von den Eisschollen berührt werden kann.

Ungemein zahlreich dredgt man im Polargebiet besonders Echinodermen. Ihre Masse [2]) ist bisweilen geradezu staunenerregend, und wo eine Art in grösserer Menge vorkommt, da lebt sie gewöhnlich allein mit Ausschluss anderer Arten. So findet man schaarenweise: *Cribella, Stichaster, Ctenodiscus.* Bei vielen arktischen und antarktischen Thieren ist die Entwicklung stark abgekürzt und in Zusammenhang damit ist oftmals eine ausgebildete Brutpflege vorhanden. Wir sehen also, dass die absolute Höhe der Temperatur für das marine Thierleben von untergeordneter Bedeutung ist, und dass die niedrige aber konstante Temperatur der polaren Meere eine ungemein reiche und kräftige Fauna entwickelt.

Dieselben Bedingungen einer zwar niedrigen, aber konstanten Temperatur bietet uns die Tiefsee dar. Und so darf es uns nicht wundern, wenn wir viele Thiere, welche im hohen Norden in der Flachsee leben, in südlicheren Breiten in grossen Tiefen wiederfinden.

Die Tiefe [3]), in welcher manche Seethiere leben, nimmt mit abnehmender Breite zu, ähnlich wie auf dem Festland nördliche Thiere und Pflanzen in niederen Breiten grössere Höhen bewohnen. So findet man *Moira atropos, Echinocardium Kurtzii, Echinocidaris punctulata* in der Floridastrasse bis 225 m tief, während erstere beiden bei Nordcarolina, letztere bei Cap Cod der Litoralfauna angehören.

Ebenso fand Studer [4]): einen wesentlichen Einfluss auf die Tiefenfauna Westafrikas scheint der Umstand zu haben, dass in Folge des weit nach Norden heraufreichenden Südpolarstromes die Temperatur, nach der Tiefe zu, sehr rasch abnimmt. Dadurch erhält schon die Fauna geringer Tiefen den Charakter der gemässigten Zone, und die Abyssalfauna steigt bis 650 m herauf.

Zwischen den Cap Verden und dem Aequator sind einige Temperaturinseln mit kälterem Wasser. Hier fand Studer in 70—108 m folgende nordatlantische und mediterrane Formen:

Chaetaster longipes
Luidia Sarsii
Astropecten platycanthus
— *irregularis*
— *subinermis*
Pectinura semicincta
Ophiolepis affinis
Ophiomyxa flaccida
Dorocidaris papillata

1) de Sede, Revue Scient. 1884, S. 210.
2) Nordenskjoeld, Petermanns Mitth. XXIII, S. 61.
3) Agassiz, Bull. Mus. Comp. Zool. 9, S. 10.
4) Zoolog. Anzeiger 1882, S. 355.

Aber das berühmteste Beispiel für die Abhängigkeit der Meeresfauna von der Temperatur ist der Wyville-Thomson-Rücken im Faeroekanal[1]).

Im Norden der Hebriden erstreckt sich von der Insel Rona aus nach NW. ein submariner Rücken von 160 km Länge, 16 km Breite und 450—500 m Tiefe. An einer Stelle ist ein 10 km langer Sattel von 550—600 m Tiefe. Auf beiden Seiten vertieft sich das Meer bis 1100 m und mehr. Der Rücken besteht aus Steinen und Geröllen. Nordöstlich von ihm, in der vorliegenden Kalten Area besteht der Boden aus Blauschlamm, südwestlich in der Warmen Area aus weicherem Grauschlamm. Der Rücken scheint ein Theil eines Höhenzuges zu sein, welcher von Schottland nach Island und Grönland mit geringen Meerestiefen hinüberstreicht.

In der südwestlich vom W.-Th.-Rücken gelegenen Warmen Area sinkt die Temperatur ziemlich rasch bis auf 9°, dann fällt sie sehr langsam, um am Boden 6,5° zu erreichen.

In der Kalten Area nordöstlich vom Rücken fällt die Temperatur von 9° ab beständig und beträgt am Boden —1°.

Folgendes Schema mag die Verhältnisse erläutern:

Tiefen	Temperaturen in C°		
	Warme Area	Rücken	Kalte Area
0 m	12,5°	12,5°	12,5°
90 m	10°	9,5°	9°
180 m	9°	8,5°	9°
270 m	9°	9°	8,5°
365 m	9°	8,5°	8,5°
450 m	8,5°	8°	8,5°
550 m	8,5°	Bodenschwelle	8°
640 m	8°	des Wyville-	0°
730 m	7,5°	Thomson-Rückens.	—1°
820 m	6,5°		—1°

Die Erklärung dieser auffallenden Temperaturunterschiede beiderseits der Höhenschwelle ist einfach: Vom Nordpolarmeer fliesst das kalte, schwere Wasser am Seeboden entlang nach Südwest. Im Faeroekanal bildet der W.-Th.-Rücken eine Schranke für das Weitervordringen des Polarwassers und nur in dem obenerwähnten Sattel von 600 m Tiefe fliesst ein schmaler Kaltwasserstrom in die Warme Area hinüber. Aber zugleich dringt warmes Wasser in der ganzen Breite des Rückens nach NO. vor, so dass ein regelmässiger Austausch existirt. Das Wasser des Atlantik fliesst nach NO. über die ganze Fläche des Rückens in die Kalte Area, während über den schmalsten Theil desselben ein kleiner Ausfluss kalten Wassers nach dem Atlantik dringt. Trotz dieses Austausches in den oberen Regionen, behalten die tiefen Areale ihre verschiedene Temperatur.

Ebenso verschieden wie die Temperaturen der beiden Areale ist nun ihre Fauna. Die Bewohner der Kalten Area sind ein Theil der polaren Thierwelt, und stimmen mit den Bewohnern höherer Breiten vollkommen überein. Dagegen wird die Warme Area von südlichen, atlantischen Formen bewohnt, so dass hier auf 10 km Breite

1) Tizard, Proc. Roy. Soc. London 1883, S. 205.

zwei Faunen aneinanderrücken, welche an anderen Stellen nur durch viele und allmählige Uebergänge verbunden werden.

Oftmals hat man die Beobachtung gemacht, dass eine rasche Temperaturerniedrigung den Seethieren überaus schädlich ist. Wenn die ersten kalten Nächte das Seewasser in den Aquarien der Zoologischen Station zu Neapel abkühlen, dann sieht man überall sterbende und hinfällige Thiere. *Antedon* bricht in Stücke und geht zu Grunde, Seesterne und Seeigel liegen regungslos, Krebse werden träge, Mollusken verlieren ihre Energie.

Bei den Dredgearbeiten VERILLS[1]) im Jahre 1881 ergab sich, dass infolge der grossen Stürme, welche das kalte Bodenwasser aufgewühlt und an die Küste getrieben hatten, viele sonst sehr häufige Crustaceen vollständig fehlten. *Euprognatha rastellifera, Catapagurus socialis, Pontophilus brevirostris*, die früher zu Tausenden gefangen worden waren, kamen nicht mehr lebend zur Beobachtung; und nach den Berichten der Fischer wurden damals auch viele Fische todt an der Meeresoberfläche gesehen.

Längst war es bekannt, dass Tiefseethiere, welche man aus 2000 und mehr Meter Tiefe erbentete, nach dem Fang rasch an Bord des Schiffes starben. Man hatte angenommen, dass die enorme Druckverminderung diesen Tod herbeiführte. Allein die letzten Forschungen des Fürsten ALBERT von Monaco ergeben eine andere Erklärung dieses Problems. Während die im Atlantik gefangenen Tiefseethiere nach kurzer Zeit starben, lebten die im Mittelmeer aus derselben grossen Tiefe erbeuteten Thiere mehrere Tage lang, ohne irgend welchen Schaden zu leiden. Die atlantischen Thiere kamen aus einer Tiefentemperatur von 0° zu der 20° warmen Oberfläche; sie mussten also in kurzer Zeit eine Temperaturerhöhung von 20° aushalten und starben infolgedessen rasch. Wie wir oben schon erwähnten, herrscht am Boden des Mittelmeeres dagegen eine konstante Temperatur von 13°. Die aus dieser Tiefe erbeuteten Thiere erlitten nur eine Temperatursteigerung von 7°, welche nicht hinreichte, sie zu tödten, obwohl sonst in beiden Fällen dieselben Bedingungen herrschten.

Fassen wir alles bisher Gesagte zusammen, so kommen wir zu der Erkenntniss:

Der maassgebende Faktor für die Vertheilung der marinen Thiere ist die Temperatur des Wassers. Licht, Druck, Salzgehalt und Wasserbewegung sind untergeordnete Grössen und die absolute Höhe der Temperatur ist vollkommen gleichgültig gegenüber der Amplitude der Temperaturschwankungen. Die meisten Seethiere verlangen eine gleichmässige, nicht wechselnde Temperatur zu ihrem Gedeihen, und vermehren sich lebhaft, mag die Temperatur auch noch so niedrig sein. Dagegen wirkt jede rasche Veränderung der Temperaturhöhe schädigend auf die Thierwelt des Meeres ein.

Bei der hohen Bedeutung, welche die zuletzt aufgestellten Sätze für die marine Bionomie besitzen, mag zum Schluss die Geschichte dieser Erkenntniss kurz erzählt werden:

---

1) Americ. Journal 1882, II, S. 366.

1839 erkannten DANA [1]) und COUTHOUY [2]), dass die Vertheilung der Korallenriffe an eine Minimaltemperatur von 20° C. geknüpft sei.

1843 beobachtete FORBES [3]) im Mittelmeer, und

1844 OERSTEDT [4]), dass neben der horizontalen Vertheilung der Meeresthiere auch ihre vertikale Vertheilung durch bestimmte physikalische Bedingungen begrenzt werde, und erkannten als Hauptfaktoren hierfür: Seeklima, Salzgehalt und Tiefe.

1848 sprach der englische Seeoffizier SPRATT [5]) den Satz aus: Die Temperatur ist die erste Bedingung, welche die Vertheilnng der marinen Fauna beherrscht.

1853 stellte DANA [6]) das Prinzip der Isokrymen auf.

1846—1854 untersuchte M. SARS [7]) die Norwegischen Meere und fand die Polarfauna südlich in grösseren Tiefen.

1863 erkannte LORENZ [8]): Druck, Licht und Wellenbewegung sind sekundäre Momente in der Abgrenzung der marinen Faunenbezirke, während das Schichtenklima des Wassers den ersten Rang bei der Gestaltung der Meeresregionen einnimmt.

1868 untersuchten WYVILLE THOMSON und CARPENTER auf dem englischen Kriegsschiff „Lightning" den Faeroekanal und fanden die Kalte und Warme Area.

1869—1870 setzten W. THOMSON, CARPENTER und GWYN JEFFREYS diese Beobachtungen auf der „Procupine" fort.

1883 untersuchten MURRAY und TIZARD die Temperaturen des W.-Th.-Rückens genauer.

1872—1876 bestätigten die Naturforscher der Challengerexpedition W. THOMSON, MOSELEY, MURRAY, BUCHANAN die Theorie, auf ihrer Reise um die Welt.

Die Untersuchungen von MOEBIUS, STUDER, CHUN, BRANDT, ALBERT von Monaco u. A. haben die Resultate dieser englischen Expeditionen vielfach bestätigt.

---

1) DANA, Boston Journal Bd. IV. 1839.
2) COUTHOUY, Sillim Journal XLVII, S. 123. 1839.
3) FORBES, Rep. on the Moll. and Radiata of the Aegaean Sea. 1843.
4) OERSTEDT, De regionibus marinis Havniae. 1844.
5) SPRATT, Rep. Brit. Assoc. Adv. Sc. Swansea 1848, S. 81.
6) DANA, Americ. Journal 1853, S. 153.
7) SARS, Fauna litoralis Norwegiae. 1846, 1854.
8) LORENZ, Physik, Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien 1868. S. 10.

7. Der Einfluss des Salzgehaltes.

Das meteorische Wasser, welches als Regen, Schnee, Thau und Hagel zur Erdoberfläche herabfällt, ist gewöhnlich frei von allen Salzen.

In der Nähe des Meeres kann der NaClgehalt der Luft auf 3,5 % steigen und hier bringt natürlich jeder Regen auch Salz mit herab, aber mit der Entfernung vom Meer, mit steigender Höhe, nimmt auch der Salzgehalt ab und verschwindet bald vollständig. Regen, welcher in den Alpen fällt, ist nahezu chemisch reines Wasser und auf elektrolytischem Wege konnte man zeigen[1]), dass er weniger als 0,0002 % Salz enthalten muss.

Um so reicher ist der Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Gasen (Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure) und zwar ist in der vom Regenwasser[2]) absorbirten Luft 33mal soviel Kohlensäure als in der Luft vorhanden.

Indem das Meteorwasser in den Erdboden eindringt und in der Erdrinde zirkulirt, löst es die leichtlöslichen Bestandtheile der Gesteine und tritt, beladen mit allerlei Stoffen, als Quelle zu Tage.

Die Quelle wird zum Bach, der Fluss zum Strom und dieser mündet endlich mit allen gelösten Stoffen in das Weltmeer.

Zwischen der chemischen Zusammensetzung der in den Ozean mündenden Ströme, und dem Salzgehalt des Seewassers bestehen mannichfache Gegensätze.

In fast allen Flüssen[3]) überwiegt in dem Gelösten Kalkkarbonat, welchem sich zunächst Kalksulphat, Chlornatrium, Magnesiakarbonat, Magnesiasulphat und Kieselsäure anschliessen. Die Menge der Chloride, welche dem Meer durch die Flüsse zugeführt wird, ist relativ und absolut gering.

Vergleichen wir damit das Verhältniss, in welchem die gelösten Bestandtheile des Meerwassers zu einander stehen, so finden wir die Chloride überwiegend, Magnesia und Kalksalze in geringerer Menge und Kalkkarbonat nur in Spuren vorhanden. Mit anderen Worten, die

---

1) Kohlrausch, Wiedem. Annalen XVII, 1882, S. 84.
2) Roth, Allg. Chemische Geologie I, S. 44.
3) das. I, S. 460.

Flüsse der Gegenwart würden, wenn sie ein leeres Ozeanbecken erfüllten, ein wesentlich anders zusammengesetztes Salzmeer erzeugen.

Allerdings müssen wir bei Behandlung dieser Frage im Auge behalten, dass dem Meere beständig eine grosse Menge von Salzen entzogen werden. Viele Pflanzen und Meeresthiere scheiden Kalk und Kieselsäure in ihren Geweben ab und häufen diese Stoffe lokal in mächtigen Lagern an.

Aber selbst wenn wir die Summe solcher organischen Absätze von der Summe der durch Ströme dem Meer zugeführten Salze abziehen wollten, so dürfte doch wohl immer noch ein anders zusammengesetztes Meer übrigbleiben, als der gegenwärtige Ozean ist.

Wir sind somit zu der Annahme gezwungen, dass bei der Bildung des Seesalzes andere Bedingungen mitwirkten, dass die Eigenschaften des jetzigen Meeres nicht allein durch die jetzt dem Meere zuströmenden Lösungen gebildet worden sind, sondern sich zum Theil aus Bedingungen längst vergangener Erdepochen herleiten und erklären.

Seit dem Beginn[1]) der geologischen Geschichte hat das Regenwasser die Atmosphäre von allen Bestandtheilen gereinigt, welche dieselbe in dampfförmigem Zustand enthielt; und als später der Kreislauf begann, welcher durch Verdunstnng unaufhörlich Salzwasser in Süsswasser verwandelt und dieses in Gestalt von Flusswasser dem Meere wieder zuführt, hat das Wasser begonnen, die oberen Schichten der Erdrinde zu waschen, und alle löslichen Salze aus derselben dem Meere zuzuführen.

Im Durchschnitt findet man in 1000 Theilen Seewasser 34 Theile gelöstes Salz. Von diesen beträgt der Gehalt an NaCl 27 Theile, während nur 3 Theile $MgCl^2$, 2 Theile $MgOSo^3$ und 1‰ $CaOSo^3$ sind, und der Rest aus einer ganzen Anzahl anderer Salze besteht.

Während 3,4 % als Mittelwerth des Salzgehaltes des offenen Meeres betrachtet werden kann, zeigen flache oder küstennahe Meerestheile wesentlich verschiedene Salzmengen.

Der Salzgehalt wird in theilweise abgeschlossenen Meeren bei starker Verdunstung höher, er steigt im Mittelmeer auf 3,9 %, im Rothen Meer auf 4 %, ja sogar auf 4,3 %.

Durch einmündende Süsswasserströme wird der Salzgehalt vermindert, und beträgt in der Ostsee an der Oberfläche:

Skagerak	3,4 %
Kattegat	2,2 „
Grosser Belt	1,8 „
Kiel	1,7 „
Rügen	1,0 „
Hela	0,7 „
Riga	0,6 „
Uleåborg	0,3 „

Der Salzgehalt[2]) nimmt im Allgemeinen, von der offenen See aus, nach den Küsten hin ab.

---

1) Thoulet, Océanographie. 1890, I., S. 208.
2) v. Boguslawsky, Handbuch der Ozeanographie 1884, I, S. 134.

Der Salzgehalt des offenen Meeres ist am grössten in den beiden Passatzonen, am kleinsten in der äquatorialen Kalmenregion.

Der Salzgehalt hängt ab von dem Grade der Verdunstung, und der Menge der Niederschläge; er steht in Wechselbeziehung zu den Strömungen an der Oberfläche, und zu der Vertikalzirkulation nach der Tiefe.

Da von allen Elementen das Chlor im Seewasser am meisten enthalten ist, bestimmt man neuerdings den Chlorgehalt χ, um damit den Salzgehalt zu charakterisiren. In verschiedener Tiefe[1]) hat nun χ im Nordatlantik folgende Grösse:

Oberfläche = 18,2—20,7	900 m = 19,5 — 19,7
90 m = 19,6—20,6	1100 m = 19,7
180 m = 19,5—19,8	2200 m = 20,1
360 m = 19,3—20,2	3800 m = 19,4
550 m = 19,5—20,1	5500 m = 19,3
730 m = 19,5—19,9	7000 m = 19,6

Wenn wir also von den obenerwähnten, theilweise abgeschlossenen, Meeresbecken und dem Mündungsgebiet grösserer Ströme absehen, so finden wir, dass das Weltmeer in verschiedenen Breiten und verschiedenen Tiefen doch einen überaus konstanten Salzgehalt besitzt, der nur lokal beträchtliche Abweichungen zeigt.

Dem gegenüber ist der Salzgehalt theilweise abgeschlossener Randmeere nicht nur an der Oberfläche, sondern auch nach der Tiefe zu, verschieden. Süsswasser ist leichter als Salzwasser und schwimmt daher auf diesem. Infolgedessen ist die Verbreitung des Süsswassers an der Mündung von Flüssen oberflächlich eine viel grössere, als in der Tiefe. An der Petschoramündung fand der „W. BARENTS" das Oberflächenwasser so süss, dass *Beroe, Appendicularia, Mysis, Limacina* 3 — 5 m tief schwammen, da sie erst in dieser Tiefe normales Seewasser fanden. Ein interessantes Beispiel für diese wechselnde Vertheilung des Salzgehaltes in verschiedener Tiefe bietet wiederum die Ostsee, von deren Oberflächenwasser wir oben berichteten, dass es vom Skagerak bis nach Uleåborg eine stete Versüssung erkennen lässt.

Im grossen Belt[2]) findet man bei 66 m Tiefe eine nach N. gerichtete Oberflächenströmung von 20 m Dicke, deren Salzgehalt 1 % beträgt. Von 20 m bis zum Grunde aber fliesst ein nach S. gerichteter Unterstrom, dessen 3 % Salz haltendes Wasser bis zur Linie Darsserort-Falster leicht verfolgt werden kann.

So finden wir also hier übereinander die Bedingungen, welche wir sonst am Rande der Meere nebeneinander beobachten, und an derselben Lokalität lebt übereinander die Fauna des normalen Seewassers, des halbsüssen Brackwassers und vielleicht reinen Süsswassers.

Solche Verhältnisse sind geeignet, manches Vorkommen von Seemit Süsswasser-Thieren zu erklären.

In dem sandigen Sediment[3]) einer Bucht bei Brisbane vereinigen sich die Reste von Cetaceen, Marsupialien, Vögeln, Fischen, Insekten, Landschnecken, *Cardium*, *Ostrea* und Medusen. Da die oberste Wasser-

1) DITTMAR, Chall. Rep. Phys. Chem. I, S. 43 f.
2) v. BOGUSLAWSKY, Ozeanographie I, S. 166.
3) CHALLENGER, Rep. Narrative I, S. 460.

schicht durch den dort mündenden Hawkesburyfluss süsses, die tieferen salziges Wasser enthalten, so sind ausserdem hier alle Bedingungen gegeben für die Umwandlung von marinen Organismen in Süsswasserthiere.

Eine andere, nicht minder interessante Erscheinung zeigen uns solche Meere, welche mit dem Ozean nur durch eine enge Strasse verbunden sind und wo durch starke Insolation und geringe Süsswasserzuflüsse der Salzgehalt höher ist, als in dem benachbarten Weltmeere.

Durch die Strasse von Gibraltar in das Mittelmeer, und durch Bab el mandeb in das Rothe Meer treten oberflächliche Strömungen hinein, welche den Ausgleich der verschieden dichten Wasser herbeizuführen bestrebt sind. Beide Meere sind durch einen hohen Salzgehalt und durch eine sehr reiche Fauna ausgezeichnet. Da die meisten schwimmenden, und vor allem die Larven [1]) der festsitzenden Thiere dicht unter der Oberfläche schwimmen, so werden in beide Nebenmeere sehr viel mehr Thiere eingeführt, als durch den Unterstrom salzreicheren Wassers wieder hinaustransportirt werden können. Die Oberflächenfauna im Golfe von Neapel wird jedesmal reicher, wenn durch westliche Stürme der Oberflächenstrom von Gibraltar verstärkt worden ist, und so scheint es, als ob der Faunenreichthum des Mittelmeeres nur indirekt durch den grösseren Salzgehalt bedingt sei.

Ebenso übereinstimmend wie die absolute Menge des Salzes in verschiedenen Gebieten des Ozeans, ist das Verhältniss der einzelnen Bestandtheile zu einander. Diese von Forchhammer zuerst erkannte Erscheinung ist durch alle späteren Arbeiten nur bestätigt worden. In 20 verschiedenen, von Dittmar geschöpften und analysirten Seewasserproben fand man:

Chlor:	55,19—55,59	im Mittel:	55,41 %
Na^2O:	41,21—41,65	„ „	41,43 „
SO^3:	6,36— 6,47	„ „	6,41 „
MgO:	6,11— 6,30	„ „	6,21 „
CaO:	1,58— 1,82	„ „	1,69 „
K^2O:	1,24— 1,42	„ „	1,33 „

Es ist diese Thatsache von fundamentaler Bedeutung für die Organismen des Meeres, welche überall in einer Lösung leben, deren einzelne Bestandtheile dieselben sind, mag der absolute Salzgehalt noch so sehr wechseln.

Bekanntlich leben im Meere andere Pflanzen und Thiere als im Süsswasser, und man hat Versuche angestellt, um zu ergründen, welcher von den Bestandtheilen des Seewassers für marine Thiere nothwendig, für Süsswasserthiere schädlich ist, und wie dieser Schaden einwirkt.

Plateau, Richet und Bert [2]) fanden, dass Seewasser nur solchen Süsswasserthieren schadete, welche eine dünne Haut und äussere Kiemen besassen. Süsswasserfische können sich durch Ausscheidung von Schleim gegen den Einfluss des Salzes schützen.

---

1) Semper, Existenzbed. der Thiere I, 177.
2) Comptes Rendues Acad. Paris T. 73, S. 385, 467.
T. 90, S. 1167.
T. 97, S. 134, 468.

Der dritte Theil des im Meerwasser enthaltenen Salzes genügt, um den Tod der meisten Süsswasserthiere herbeizuführen, selbst wenn man das Salz sehr allmälig zusetzt. *Daphnia pulex* starb auch, aber nach einigen Tagen entwickelten sich aus den übrigbleibenden Eiern neue Daphnien, welche eine weitere Steigerung des Salzgehaltes ohne Schaden ertrugen. Das Individuum geht zu Grunde, aber die Art passt sich an.

Bei diesem Absterben spielt die Dichtedifferenz der beiden Lösungen keine Rolle, auch die Sulphate sind wirkungslos, und nur das NaCl und MgCl bewirkten den Tod.

Ebenso fand Plateau, dass litorale Krebse in Süsswasser spätestens nach 9 Stunden starben, andere, im Meere lebende Krebse verloren durch Einsetzen in Süsswasser das Salz aus ihren Geweben; kleinere und frisch gehäutete Exemplare starben rascher als grosse Formen, oder solche mit ausgebildeten Panzern. Auch hier war es leicht nachzuweisen, dass allein der Mangel an NaCl und MgCl die Seethiere tödtete, während sie die Abwesenheit von Sulphaten ohne Schaden ertrugen.

Wir müssen uns erinnern, dass alle Thiere einen bestimmten Gehalt an NaCl in ihren Geweben nöthig haben, so dass es fast scheint, als ob dieses, in Blut und Lymphe selbst der Landthiere vorhandene NaCl als ein Erbstück[1]) der marinen Vorfahren der luftathmenden Thiere betrachtet werden dürfe.

Fredericq beobachtete[2]), dass der Salzgehalt in der Lymphe von Krebsen eine auffallende Uebereinstimmung zeigt mit dem Salzgehalt des umgebenden Süss-, Brack- oder Seewassers. Er fand bei *Carcinus maenas* bei 0,9 % Salz im Seewasser 1,65 % Salz im Blut,

„ 1,3 „ „ „ „	1,56 „ „ „ „
„ 1,9 „ „ „ „	1,99 „ „ „ „
„ 3,40 „ „ „ „	3,00 „ „ „ „

ebenso beobachtete Krukenberg, dass die Flüssigkeit in der Gallertscheibe der Medusen, bezüglich ihres Salzgehaltes ausnahmslos eine grosse Uebereinstimmung mit dem umgebenden Seewasser aufweist. *Aurelia aurita* enthält

1,59 % Salz im Blut	bei 1,27 % Seesalz im Wasser,
1,98 „ „	„ 1,93 „ „
2,22 „ „	„ 2,09 „ „

Wenn man bedenkt, dass eine ganze Anzahl von Thiergruppen die Fähigkeit haben, Seewasser direkt in den Körper aufzunehmen, z. B. die Echinodermen durch den Steinkanal in das Wassergefässsystem, Schnecken durch die Hautporen in das Blutgefässsystem, so versteht man leicht, dass die meisten Thiere des Meeres sich allmälig so sehr an einen bestimmten Salzgehalt gewöhnen, dass jede schnelle Veränderung desselben ihnen schadet, und oft rasch ihren Tod herbeiführt.

Die meisten Meeresthiere zeigen in dieser Hinsicht ein ähnliches Verhältniss wie in Betreff der Körpertemperatur, welche ja noch viel mehr von der Temperatur der Umgebung beeinflusst wird, als solches

1) Bunge, Physiol. Chemie 1889, S. 120.
2) Krukenberg, Vergl. Physiol. Studien 1887, IV, I, S. 3.

bei den höheren Landthieren der Fall ist. Mit Rücksicht auf die Fähigkeit, in verschieden salzigem Wasser zu gedeihen, müssen wir die Organismen des Meeres in drei Gruppen eintheilen[1]): stenohaline, euryhaline und brackische Formen.

Stenohaline Organismen sind solche, welche nur bei dem normalen Salzgehalt von 3—4 % zu leben vermögen, und bei einer Salzverminderung absterben.

Euryhaline Organismen können ohne Schaden eine beträchtliche Aussüssung des Wassers vertragen, sie bedürfen des Seesalzes, aber nicht eines bestimmten Prozentsatzes.

Brackwasser-Organismen sind solche, welche ausschliesslich in halbsüssem Wasser gedeihen, denen eine Steigerung des Salzgehaltes ebenso schädlich ist, wie eine Verminderung desselben.

Betrachten wir zuerst die Meerespflanzen, so sehen wir in den meisten Diatomeen brackische Organismen. Da sie[2]) am besten in solchen Meeren gedeihen, deren Salzgehalt durch einfliessende Ströme vermindert ist, so bilden die wärmeren salzigeren Zonen des Ozeans scharfe Grenzen für ihre Verbreitung.

Im Golf von Neapel unterscheidet Berthold[3]) bei den höheren Algen solche Formen, welche nur in verunreinigtem Wasser (brackisch), solche, die nur in reinem Seewasser (stenohalin), und solche, die unterschiedslos an beiden Standorten (euryhalin) vorkommen. Oltmanns[4]) hat den Einfluss des Salzgehaltes auf die Algenflora des Meeres durch Züchtungsversuche studirt und dabei gefunden, dass die Geschwindigkeit des Salzwechsels für das Gedeihen der Flora einen hervorragenden Einfluss besitzt. Wo eine Veränderung im Salzgehalt des Wassers langsam erfolgte, da war die Algenvegetation reich, aber jeder rasche Wechsel im Salzgehalt wurde den Pflanzen schädlich.

Infolgedessen vermuthet Oltmanns, dass die Verarmung und Verkümmerung der Ostseeflora nicht allein auf Rechnung des abnehmenden Salzgehaltes zu setzen ist, sondern zum Theil auch zurückgeführt werden müsse auf den mit dieser Abnahme nothwendig verknüpften relativ grösseren Salzwechsel. Wenn in der Nordsee die Konzentration des Wassers von 3 % auf 3,25 % steigt, so bedeutet das eine Vermehrung des Salzes um 8 %, wenn wir aber heute in der Ostsee 1 % und morgen 1,25 % Salz finden, so beträgt der Aufschlag 25 %. Mit den Konzentrationsänderungen geht sicher eine Aenderung des Turgors im Innern der Gewebe Hand in Hand. Eine Nordseealge braucht unter den gedachten Verhältnissen also ihren Turgor nur ein Drittel so viel zu verändern wie eine Ostseealge, um sich den neuen Dichteverhältnissen anzupassen.

So kommt Oltmanns zu der Ansicht, dass die stenohalinen Formen ihren Turgor nur um 10 % in kurzer Zeit verändern können, während euryhaline Formen im Stande sind, rasche Turgorschwankungen bis 50 % ohne Schaden zu ertragen. Und somit gestaltet sich die Frage nach dem Salzbedürfniss der Meeresalgen immer entschiedener zu einer Turgorfrage, also einer Frage der Physiologie der Gewebe.

1) Moebius, Ann. Mag. Nat. Hist. 4, XII, 1873, S. 83.
2) Antelminelli, Chall. Rep. Botanik, Vol II, S. 11.
3) Berthold, Mitth. Zool. Station Neapel 1882, S. 434.
4) Oltmanns, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 404.

Die Seegräser[1]) sind sehr euryhalin, denn sie dringen weit in die Aestuarien der Flüsse hinein ohne zu leiden, während sie in süssem Wasser nicht zu leben vermögen.

Im Thierreich des Meeres sind stenohaline, euryhaline und brackische Formen vertreten, doch überwiegen die ersteren in allen Gruppen. Die früher angeführten Versuche OLTMANNS, welche zeigen, dass Meeresalgen eine allmälige Veränderung des Salzgehaltes leicht ertragen, aber von jedem raschen Salzwechsel leiden, sind für die Meeresthiere von BEUDANT[2]) unternommen worden. Wenn marine Mollusken plötzlich in süsses Wasser gebracht wurden, starben fast alle Arten, während allmälige Zufügung von süssem Wasser zum salzigen, bis dieses nach einigen Monaten ganz süss geworden war, von manchen Arten ertragen wurde. Unter 610 Individuen verschiedener Arten, die allmälig an süsses Wasser gewöhnt wurden, starben nur 37 %, während von der gleichen Zahl derselben Arten, die beständig, und gleichzeitig mit jenen, in Seewasser gehalten wurden, 34 % starben. Die Sterblichkeit in der an ein fremdes Element gewöhnten Gruppe von Thieren war also nur 3 % grösser.

Folgende Formen: *Patella vulgata*
Turbo neritoides
Purpura lapillus
Arca barbata
Venus maculata
Cardium edule
Ostrea edulis
Mytilus edulis
Balanus striatus,

in deren Wasser am 1. Januar zuerst etwas Süsswasser zugeleitet worden war, und die sich am 1. September schon in ganz salzfreiem Wasser befanden, lebten darin 2 Wochen, ohne Schaden zu leiden.

Aus diesen Versuchen geht mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Meeresthiere nicht an eine absolute Salzmenge gebunden sind, sondern dass ihr stenohalines oder euryhalines Verhalten wesentlich darin beruht, dass sie leichter oder schwerer im Stande sind, den Salzgehalt ihrer Gewebe gegen den des umgebenden Wassers auszugleichen. Nahe verwandte Formen verhalten sich in dieser Hinsicht oftmals sehr verschieden; *Megalopa*[3]) stirbt sofort in Süsswasser, während *Euridice pulchra* mehrere Tage darin lebt.

Die Foraminiferen leben meist im reinen Salzwasser, doch findet man 44 Gattungen mit über 100 Arten in den Aestuarien britischer Flüsse. Hierbei werden die Schalen kalkarm und bestehen schliesslich nur aus Chitin.

Die Radiolarien sind meist stenohalin, ebenso die Spongien.

Von Medusen ist *Aurelia aurita* sehr euryhalin und dringt bis in den Memelfluss.

Crambessa taji[4]) ist häufig an den atlantischen Küsten, liebt aber sehr die Flussmündungen.

---

1) ASCHERSON, Petermanns Mitth. 17, S. 2.
2) SEMPER, Existenzbedingungen I, S. 285.
3) GOSSE, Tornby S. 281.
4) CHUN, Zoolog. Anzeiger 1886, S. 56.

Pleurobrachia pileus findet sich gelegentlich im Kurischen Haff, während die übrigen Ctenophoren das offene Meer mit seinem Salzreichthum vorziehen.

Die Riffkorallen verlangen zu ihrem Gedeihen ein normal gesalzenes reines Seewasser. Die Saumriffe sind, z. B. auf Mauritius, gegenüber jedem Fluss und jedem Bache durch einen geraden Durchlass unterbrochen; bei Grand Port findet sich ein Kanal, der sich 6 km der Küste parallel erstreckt und eine mittlere Tiefe von 18 m hat. Seine Gegenwart ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass zwei Flüsse, jeder an einem Ende des Kanals, in diesen eintreten und sich gegeneinander wenden [1].

Dagegen sind euryhalin folgende Korallenarten:

Allopora profunda	*Stylaster densicaulis*
Cilicia rubeola	*Porites sp.*

Von Hydroidpolypen ist *Cordylophora lacustris* brackisch, hat sich aber neuerdings auch im süssen Oberlauf der Elbe und Seine angesiedelt.

Von Bryozoen sind folgende Formen euryhalin:

Alcyonidium gelatinosum	*Gemellaria loricata*
„ *hispidum*	*Membranipora bengalensis*
„ *mytili*	„ *Flemmingii*
„ *papillosum*	„ *lineata*
„ *polyoum*	„ *nitida*
Crisia eburnea	*Pedicellina gracilis*
Diastopora repens	*Vesicularia cuscata*
Flustra foliacea	„ *uva*

Victorella pavida.

Die übrigen sind meist stenohalin.

Auch die Brachiopoden bedürfen des normalen Salzgehaltes, nur *Terebratulina septentrionalis* findet sich auch in schwach gesalzenem Wasser.

Verschiedene *Nereis* und *Nemertes* leben auch in süssem Wasser mingrelischer Seen.

Alle Echinodermen sind stenohalin.

Ueber die Mollusken, Krebse und Fische, bei welchen alle obengenannten drei Gruppen vertreten sind, giebt v. Martens [2]) eine ausführliche Liste. Es ist zwar nicht möglich, die darin gegebenen Formen nach euryhalinen und stenohalinen Arten zu ordnen, aber wenigstens kann man daraus erkennen, welche Familien in süssem und salzigem Wasser vorkommen, also euryhalin sind. Als solche müssen wir betrachten

von Muscheln die Familien der:	*Pholadea*	*Arcacea*
	Solenacea	*Mytilacea*
	Tellinea	
von Krebsen die Familien der:	*Brachyura*	*Cyproidea*
	Caridea	*Caligoidea*
	Cymothoidea	*Lernaeoidea*

1) Darwin, Korallenriffe. Stuttgart 1876, S. 53.

2) Archiv für Naturgeschichte 1857, S. 191.

von Fischen:

Petromyzones	*Scomberesoces*
Rajae	*Pleuronectidae*
Squali	*Gadini*
Accipenserini	*Gobioidei*
Lophobranchii	*Blennioidei*
Gymnodontes	*Scomberoidei*
Elopes	*Atherinoidei*
Clupeoidei	*Mugiloidei*
Cataphracti.	*Sciaenoidei*

Ein ausgezeichnetes Gebiet, um den Einfluss eines verminderten Salzgehaltes auf die Thierwelt zu studiren, ist die Ostsee, welche vom Skagerak bis nach Finnland eine beständige Abnahme des Salzgehaltes zeigt.

In recht auffallendem Gegensatz [1]) zu der durch 100 Arten vertretenden Fischfauna der Ostsee steht ihre überaus grosse Armuth an Mollusken. Marine Bewohner der Ostsee sind folgende:

Schnecken:	Muscheln:
Paludina muriatica	*Mytilus edulis*
Litorina litorea	*Cardium rusticum*
Buccinum undatum	*Tellina solidula*
B. reticulatum	*Mactra solida*
Purpura lapillus	*Lutraria compressa*
	Mya arenaria
	Mya truncata.

Aber nicht nur die Gesammtzahl der Arten ist gering, nein, auch die Individuen sind klein und verkümmert. Sie erscheinen als Pygmäen, wenn man sie mit ihren Stammformen in der Nordsee vergleicht.

Mytilus edulis [2]) ist bei Kiel noch 8—9 cm lang, auf Gotland wird sie nicht über 4 cm gross.

Bei *Mytilus edulis* und *Tellina baltica* sind im östlichen Ostseebecken die Kalkschichten der Schale ausserordentlich dünn. Dadurch werden diese Muscheln so zerbrechlich, dass man sie leicht zwischen zwei Fingern zerdrücken kann. Nach dem Tode der Thiere scheint der Kalk ganz aufgelöst zu werden, denn in den Schären des östlichen Schwedens findet man die Cuticularhäute der beiden Muscheln in dem thonigen Schlamm des Meeresgrundes auf das beste erhalten. Wenn ein solcher Meeresboden trockengelegt würde, so würden die Muschelhäute wie zarte *Posidonomyen* auf dem Thongestein abgedruckt erscheinen.

Ein interessantes Beispiel, in welcher Weise ein veränderter Salzgehalt die Entwicklung eines Thieres beeinflusst, ist *Palaemonetes varians* [3]). Man kann bei diesem Krebs eine nördliche Brackwasserform von einer südlichen Süsswasserform unterscheiden, doch sind die Unterschiede der ausgewachsenen Thiere nur vom Werth einer Varietät; dagegen hat die Salzwasserform kleine Eier, welche ein Zoëa- und ein

1) Boll, Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Meklenburg I, 1847, S. 89.
2) Moebius, Jahresbericht d. Commission z. w. Unters. der deutschen Meere 1871, S. 138.
3) Boas, Zoolog. Jahrbücher IV, S. 804.

darauffolgendes Mysisstadium durchlaufen. Die Süsswasserform hat 8 mal so grosse Eier, aus denen eine Zoëalarve ausschlüpft, welche ohne Mysisstadium in die erwachsene Form übergeht.

Verwesende organische Substanzen [1]) üben einen ganz ähnlichen Einfluss auf das thierische Leben im Meere aus, wie die Beimengung süssen Wassers, so dass an Meeresstellen, an denen sich grössere Mengen, in Fäulniss begriffener organischer Substanzen angehäuft finden, sich eine Fauna einstellt, welche vollständig einen brackischen Charakter trägt. Im Frühling 1871 beobachtete FUCHS im Hafen von Messina, dass an einer Stelle, an welcher mannigfacher Unrath abgelagert wurde, sich eine Fauna angesiedelt hatte, welche einen durchaus brackischen Charakter trug. In fusshohen Schichten fanden sich: *Cerithium mediterraneum* mit *Buccinum neriteum, B. corniculum, Columbella rustica, C. sripta, Conus mediterraneus, Cardium edule* und *Lucina lactea.*

Man erkennt hieraus, dass ein geringerer Salzgehalt von der marinen Thierwelt als eine Schädigung empfunden wird, welche sich nicht nur auf die Salzaufnahme bezieht, sondern welche durch faulende Abfallstoffe bei unverändertem Salzgehalt ebenso erzeugt wird.

Wir haben bisher von den Salzen des Meerwassers nur die Chloride in ihrem Einfluss auf das organische Leben geschildert, und müssen zum Schluss noch einiger anderer Bestandtheile des Ozeanwassers gedenken.

Betrachten wir zuerst den Kalk, so finden wir im Seesalz 1,58—1,82 % CaO. Man nimmt an, dass dieser Kalk zum grössten Theil als $CaOSO^3$, zum kleineren Theil als $CaOCO^2$ vorhanden ist, während geringe Mengen als $CaOPO^4$ gebunden sein sollen, obwohl möglicherweise Doppelverbindungen zwischen den Kalksalzen und den Chloriden des Wassers vorhanden sind.

Die Kalkbestandtheile des Seewassers werden von Kalkalgen, Foraminiferen, Kalkschwämmen, Korallen, Echinodermen, Brachiopoden, Bryozoen, Mollusken, Krebsen und Fischen zur Bildung fester Skelette verwandt, durch deren Anhäufung am Meeresgrund gewaltige Kalklager entstehen.

Ueber die Form und Konstitution dieser Skeletttheile hat v. EBNER [2]) Untersuchungen angestellt. Bei den Kalknadeln der Spongien verhält sich jede Nadel wie ein einziges Krystallindividuum und neben dem Kalk ist keine organische Substanz darin enthalten. Dagegen besteht die Nadel keineswegs aus $CaOCO^2$ in Form von Kalkspath, obwohl sie demselben in krystallographischer Hinsicht sehr ähnlich ist, sondern dem Kalk sind beträchtliche Mengen von Natrium, Magnesium, Schwefelsäure und Wasser beigemischt, so dass man die Schwammnadeln als Mischkrystalle betrachten muss und dieselben mit einem gewissen Recht als „organisirte Krystalle" bezeichnen darf oder, wie HAECKEL sie genannt hat: „Biokrystalle".

Auch die Kalkkörper von Echinodermen enthalten keine organische Substanz, da dieselbe nur in einer dünnen Schicht dem Kalk oberflächlich aufliegt, was zu Fehlerquellen Anlass giebt.

---

1) TH. FUCHS, Verh. k. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1872, S. 21.
2) Sitzungsber. Wiener Acad. 1887, I., S. 78.

Bei den Kalkalgen und Korallen dagegen, wo mit dem kohlensauren Kalk zugleich organische Substanz ausgeschieden wird, kommt es nicht zu einer einheitlichen Krystallbildung. Es ordnen sich vielmehr die Moleküle des Kalkes einer Struktur unter, wie sie auch in nichtverkalkten, doppelbrechenden Geweben gefunden wird.

Versuche mit künstlichem, kalkfreiem Seewasser, dem man nachträglich bestimmte Kalksalze zusetzte, ergaben über die Kalkabscheidung durch Meeresthiere[1]) folgendes: Kalksalze werden nur in solchen Geweben abgelagert, welche vital unthätig sind. Man findet sie in Knochen, im Chitin, in altem Fasergewebe, in Sehnen und in fettig degenerirten Theilen. Wo immer solche unthätige Gewebe bei Thieren auftreten, da beginnt die Diffusion, und Kalkabscheidung erfolgt. Ammoniakkarbonat, entstanden aus dem Zerfall thierischer Sekrete, zersetzt einen Theil des im Seewasser gelösten Gypses und bildet eine äquivalente Menge von kohlensaurem Kalk.

Wenn alkalische Phosphate in Verbindung mit Kalk und Eiweiss im Blut vorherrschen, so wird der Kalk als Phosphat niedergeschlagen.

Zugleich ergaben die Versuche, dass die Bildung von Kalkpanzern bei Krebsen nur bei höherer Temperatur erfolgt, so dass sich daraus erklärt, warum die Krebse sich vorwiegend in der warmen Jahreszeit häuten.

Verknüpfen wir die soeben gewonnenen Ergebnisse mit dem früher erwähnten Verhältniss der Salze in den Flüssen und im Ozean, so scheinen dieselben die Annahme Mohr's[2]) über den Kreislauf des Kalkes zu bestätigen. Darnach führen die Flüsse kohlensauren Kalk in das Meer. Derselbe wird im Ozean zu schwefelsaurem Kalk umgesetzt. Die Organismen scheiden aus dem schwefelsaurem Kalk (durch kohlensaures Ammoniak) kohlensauren Kalk aus, welcher als Korallenkalk, Muschelbank und Algenlager fossil wird und dadurch aufs Neue den Kreislauf des Kalkes einleitet.

Durch Versuche zeigte auch Steinmann[3]), dass das aus dem Lebensprozess der Thiere und Pflanzen ausgeschaltete Eiweiss die Fähigkeit besitzt, den kohlensauren Kalk aus Chlorcalcium oder schwefelsaurem Kalk niederzuschlagen und zwar in einer Form, welche die sofortige Wiederauflösung durch das Meerwasser verhindert. Durch alle diese Thatsachen gewinnt die Hypothese von Mohr immermehr an Wahrscheinlichkeit, wenn auch manche Einzelheiten derselben sich als nicht vollkommen begründet herausstellen dürften.

Auch Guembel[4]) betont: Wahrscheinlich ist, dass wenigstens die Pflanzen, vielleicht auch die niederen Thiere die Fähigkeit besitzen, den im Meerwasser in höchst beträchtlichen Mengen aufgelösten Gyps in sich umzusetzen, den Schwefel der Säure anderweitig zu organischen Verbindungen zu verwenden und die Kalkerde als Carbonat zum Aufbau ihrer Skelette zu benutzen. Jedenfalls verschaffen sich viele Meeresthiere einen Theil ihres Kalkbedarfes auch dadurch, dass sie kalkhaltige Pflanzen als Nahrung verzehren.

1) Irvine & Woodhead, Proc. R. Soc. Edinburgh 1889, S. 352.
2) Mohr, Geschichte der Erde 1866 S. 44.
3) Steinmann, Ber. der Naturf.-Ges. zu Freiburg i. B. IV, 5.
4) v. Guembel, Geologie von Bayern I, S. 58.

Magnesia ist im Meerwasser 2‰ enthalten, welches auf 100 Theile Meeressalz berechnet, zu 9,44% als Cl^2Mg und zu 6,4% als $MgOSO^3$ vorhanden sein soll.

Gegenüber der grossen Menge von Kalkerde, welche durch die Thätigkeit der Organismen dem Meere entzogen wird, ist Bittererde nur in geringen Mengen in lebenden Thierskeletten gefunden worden.

LIEBE [1]) fand in *Gorgonia* 21 % Dolomit,
in *Madrepora muricata* 2,4 „ „
in *Flustra foliacea* 21,3 „ „

FORCHHAMMER [2]) beobachtet: in *Isis* 6,3%, in *Corallium* 2,1%, in *Pinna* 1%, in *Serpula* 4—7% Bittererde.

DAMOUR [3]) fand in *Millepora cervicornis* 8% Bittererde. Ueber den Einfluss der Bittererde auf organisches Leben habe ich nur die Angabe v. BAER'S [4]) gefunden, dass im Kaspischen Meer nach dem tieferen Theil der Gehalt an doppeltkohlensaurer Bittererde sehr zunimmt (1:15,9), während verhältnissmässig die Kalksalze abnehmen. Im Zusammenhang damit steht es, dass in dem tiefen Kanal am Ostrande die Muscheln viel dickschaliger und grösser werden, während sie in den seichten, salzärmeren Gebieten klein und dünnschalig sind.

Kieselsäure ist im Meerwasser in überaus geringen Spuren enthalten. Im Wasser des Atlantik fand man 0,014—0,017‰, im Indik nur 0,001—0,005‰ SiO^2.

Bei diesen geringen Mengen von Kieselsäure könnte es Wunder nehmen, dass Diatomeen und Spongien im Stande sind, sich Skelette aus Kiesel zu bilden und dadurch ziemlich bedeutende Mengen von Kieselsäure am Meeresboden anzuhäufen. Allein diese Erscheinung wird durch eine Reihe ähnlicher Thatsachen ergänzt, welche beweisen, wie gross die spezifische Anziehungskraft des Protoplasma für bestimmte Stoffe sein kann. Obwohl Jod im Seewasser nicht direkt nachzuweisen ist, so sind doch viele Tange sehr jodreich. Silber, Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel kann man selbst auf spektralanalytischem Wege nicht im Seewasser entdecken, während diese Metalle in marinen Organismen gefunden werden.

Es kommt die beständige Bewegung des Seewassers hinzu, welche durch die Flimmerbewegung an der Oberfläche der Athmungsorgane mariner Thiere unterstützt, sehr beträchtliche Wassermengen beständig an den Geweben der Thiere vorbeiführt.

Die zierlichen Schachtelgehäuse der Diatomeen enthalten sehr viel Kieselsäure. Die Vermehrung [5]) von *Biddulphia* und *Melosira* zeigt, dass die Kieselpanzer eines Wachsthumes fähig sind, denn der Bildung neuer Endflächen der Tochterzellen geht eine Vergrösserung der Mutterzellen voraus. Nach den Untersuchungen von LANG [6]) ist im Zellsaft von *Equisetum* eine sehr verdünnte Kieselsäurehydratlösung enthalten, so dass der Schluss eine gewisse Berechtigung hat, dass auch die Diatomeen organisch gebundene Kieselsäure ausscheiden. Wenn man

1) LIEBE. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1857, S. 426.
2) FORCHHAMMER, Neues Jahrbuch f. Min. 1852, S. 855.
3) DAMOUR, Bull. geol. VII, nach Neues Jahrb. f. Min. 1852, S. 861.
4) v. BAER nach Neues Jahrb. f. Min. 1856, S. 591
5) v. MOHL, Botanische Zeitung 1861, S. 220.
6) LANG, Ber. d. d. chem. Ges. 1872, S. 825.

erwägt, dass[1]) eine Diatomee sich in 4 Tagen auf 70 Billionen vermehren kann, so wird es begreiflich, dass diese kleinen Planktonalgen sehr bedeutende Kiesellager am Meeresboden erzeugen können.

Im Thierreich sind Kieselskelette nur bei den Radiolarien und Spongien verbreitet. Zwar findet man in den Foraminiferen *Polymorphina silicea* und *Polytrema* Kieselkörper in der Kalkschale eingefügt, welche organisch abgeschieden sein müssen; auch *Pholas* besitzt in ihrem Fuss Kieselnadeln, und *Trigonia* ist mit einem Flaum zarter Kieselgebilde bedeckt; aber sonst ist die Kieselsäure bei Thieren überaus selten nachzuweisen.

Da sich geologische Veränderungen der marinen Existenzbedingungen am leichtesten in der Nähe der Küsten bemerkbar machen, so ist es begreiflich, dass auch die wechselnden Verhältnisse des Salzgehaltes, welche hier gefunden werden, leicht beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind. Es dürfte wohl keine Oszillation des Meeresspiegels stattfinden, ohne dass der Salzgehalt der Küstengewässer lokal verändert wird.

Als sich 1874—82 der Salzgehalt der Kieler Bucht veränderte, verschwanden nach den Beobachtungen von Moebius verschiedene Mollusken und Echinodermen, welche sich seit 1882, wo der Salzgehalt wieder zunimmt, allmälig wieder einstellen.

Es ist nach dem früher Gesagten selbstverständlich, dass hierbei zuerst die stenohalinen Organismen auswandern oder aussterben müssen, während die euryhalinen Thiere und Pflanzen meist im Stande sein werden, sich an die neuen Verhältnisse anzupassen.

Podon intermedius[2]), welcher in der Ostsee bei 0,073 % Salzgehalt ebenso lebt wie im Mittelmeer bei 3,9 % Salz, ist gegen Schwankungen des Salzgehaltes unempfindlich, und solche Formen haben nicht nur eine grosse horizontale, sondern eine grosse zeitliche Verbreitung, während die Mehrzahl der marinen Leitfossilien zu den stenohalinen Organismen gerechnet werden müssen.

1) Kollmann, Jahresber. d. geogr. Ges. München 1871, S. 44.
2) Pouchet & de Guerne, Compt. Rend. 1885, S. 919.

8. Gezeiten und Wellen.

Die in dem vorigen Abschnitt mitgetheilten Thatsachen drängen unabweisbar zu dem Schluss, dass die Gewässer des Ozeans in beständiger Bewegung sind. Die gleichmässige Mischung der Meeressalze in allen Breiten und Tiefen ist nur durch die leichte Beweglichkeit des Wassers erklärbar, welche beständig Dichte-Differenzen auszugleichen bemüht ist und die Fluthen des Meeres unaufhörlich untereinandermischt.

Aber auch die Ausscheidung bestimmter Stoffe, welche in unmessbar kleinen Mengen im Meere enthalten sind, und ihre lokale Anhäufung durch die Organismen ist nur dadurch verständlich, dass man annimmt, dass alle, selbst die festsitzenden Thiere einen kontinuirlichen Wasserstrom erzeugen, welche ihren Geweben die räumlich weit vertheilten Stoffe zuführt und eine Ausscheidung derselben ermöglicht.

Ein unbewegtes Meer, wenn ein solches überhaupt denkbar wäre, würde eine vollkommen andere Vertheilung der Organismen zeigen, und auch die Form derselben würde wesentlich anders sein.

Das Gleichgewicht des Meerwassers wird durch verschiedene Kräfte gestört und dadurch eine Bewegung desselben hervorgerufen. Als erste bewegende Ursache sehen wir die Anziehung der Gestirne wirken. Unter dem Zenith des Mondes bildet sich ein Wasserberg, welcher mit dem um die Erde kreisenden Gestirn über die Fläche des Weltmeeres wandert und als Zenithfluth des Mondes bezeichnet wird. Ein ähnlicher, wenn auch kleinerer Wasserberg hebt sich auf der gegenüberliegenden Erdhälfte aus dem Ozean heraus, es ist die Nadirfluth des Mondes.

Auch die Sonne bildet zwei, etwas niedrigere Fluthen. Wenn Sonne, Mond und Erde in einer Linie hintereinanderstehen, so interferiren die Sonnenfluthen mit den Mondfluthen, indem sie sich zur Springfluth addiren, während in dem Fall, dass Mond, Erde und Sonne einen rechten Winkel zueinander bilden, ihre Wirkung sich abschwächt und die sogenannte Nippfluth entsteht.

Infolge dieser verschiedenen Anziehung des Seewassers durch Mond und Sonne sinkt und steigt das Wasser an den Küsten in einem zwölfstündigem Rhytmus.

Den höchsten Stand des Seespiegels bezeichnet man als Fluth, den niedrigsten als Ebbe. Das ganze Phänomen nennt man die Ge-

zeiten und das hierbei abwechselnd überspülte und trocken gelegte Gebiet des Strandes heisst die Schorre.

Auf offener See ist der Gezeitenwechsel nicht zu beobachten, an den Inseln des offenen Meeres beträgt er kaum 1 m, dagegen ist die Fluthgrösse in Meerengen, Buchten und Flussmündungen eine sehr bedeutende. Im Bristolkanal betrug sie einmal 16 m, in der Chepodybai 21 m.

An felsigen Steilufern ist die Schorre nicht breiter, als der Gezeitenunterschied beträgt, während mit abnehmendem Neigungswinkel des Gestades auch das Schorrengebiet immer breiter wird, und an sandigen Küsten beobachtet man nicht selten, dass das bei Fluth bespülte, bei Ebbe trockengelegte Gebiet der Schorre mehrere Kilometer breit ist. Die Schorre zeichnet sich durch einen beständigen Wechsel in der Wasserhöhe, in der Temperatur und in der Wasserbewegung aus, sie wird daher nur von eurythermen und meist auch von euryhalinen Thieren bewohnt.

Wenn[1]) die Schorre aus Felsen besteht, so findet man darauf eine Fauna, ausgestattet mit allerlei Haftapparaten. Die einen, wie *Balanus, Ostrea, Anomia, Chama* u. s. w. sind mit ihrer Schale fest aufgewachsen, andere Thiere sitzen fest, können aber Ortsveränderungen ausführen, wie *Patella, Chiton*, Seeanemonen und *Mytilus*, welch letztere ihre Byssusfäden vom Felsen ablösen und an einer andern Stelle wieder anspinnen kann. Wieder andere, wie *Pholas, Saxicava, Lithodomus*, Seeigel, Würmer, bohren sich Löcher in die Felsen.

Auf einer sandigen Schorre findet man keine festsitzenden Thiere, dagegen können sich die hier lebenden Muscheln, Würmer u. s. w. mit grosser Schnelligkeit in den Sand eingraben. Wenn z. B. *Solen vagina* berührt wird, so verschwindet sie schleunigst im Sand und gräbt sich in kurzer Zeit 60—90 cm tief darin ein.

Je nachdem die Schorre aus schlammigem, sandigem, kiesigem oder felsigem Boden besteht, ändert sich also der Charakter ihrer Fauna, und wenn Felsen und Sand, Kies und Schlamm neben- und miteinander auftreten, dann entsteht eine Schorre, deren Thierreichthum geradezu erstaunlich ist. Auf Felsen und in Felsenspalten sitzt die Schaar der festsitzenden Litoralthiere, bohrende Seeigel, Bohrmuscheln und Würmer finden sich im Felsen eingesenkt; zwischen den Tangen und Algen, welche die Felsen bedecken, lebt eine reiche Fauna kriechender und laufender Thiere; in wassererfüllten Lachen, welche die Ebbe zurücklässt, tummeln sich Krebse und Fische; im Sand vergraben warten siphonate Muscheln auf den Wiedereintritt der Fluth und auf dem weichen Schlammboden sieht man unzählige Schlammringel als werdende Koprolithen grabender Würmer. Wasservögel waten umher, drücken ihre Spur dem weichen Boden ein und suchen mit spitzem Schnabel die weichen Würmer aus dem Boden zu ziehen. Brennt die Sonne heiss auf den Strand, dann reisst wohl der Boden durch polygonale Trockenrisse auf, und so entsteht eine Ablagerung voll sonderbarer Spuren, die man gewöhnlich als „Strandbildung“ bezeichnet, die aber besser als Schorrensediment zu benennen ist.

---

1) Hunt, Journal Linn. Soc. Zoology XVIII, S. 265.

Während in der Ostsee[1]) der thonige Schlammboden immer pflanzenlos ist, und nur die sandigen und kiesigen Gebiete mit dichten Algenrasen überzogen sind, so ist der Boden der Nordsee auf Schlamm- und Sandgrund gleichmässig pflanzenlos. Die Ursache hierfür sind die Gezeiten, welche in der Ostsee fast fehlen, während sie in der Nordsee noch in grösserer Tiefe den Schlamm aufwühlen, und dadurch den Ansatz von Algen verhindern.

Auch die Zahl[2]) und Formenfülle der litoralen Muscheln ist abhängig von der Grösse und Natur der Schorre. An den Küsten von Jersey, wo die Gezeiten 12 m hoch und die Schorrengebiete 4 km breit sind, findet man viele Muschelarten, welche sonst nur in mehreren Faden Tiefe leben. Eine Eigenthümlichkeit der Schorre in tropischen Meeren ist die Mangrove oder der Gezeitenwald. Derselbe[3]) setzt sich zusammen aus etwa 20 verschiedenen Pflanzen, welche sich dadurch auszeichnen, dass ihre Laubkrone auf einem Pfahlwerk hoher Stelzenwurzeln aufruht. Die Mangrove[4]) gedeiht nur da, wo der Unterschied zwischen Ebbe und Fluth mindestens 1 m ist. Bei Fluth scheint die Krone des Gezeitenwaldes als hellgrüner Saum auf dem Wasser zu schwimmen, bei Ebbe dagegen sieht man unter dem Blätterdach die hohen Stelzen des Wurzelwerkes in dichtem Geäste durcheinander verflochten und darunter den schlammigen Untergrund, auf dem sie wurzeln. Die Mangrovevegetation bildet eine Befestigung des Bodens, welche das Ansammeln von Sediment vom Lande aus erleichtert und dessen Wegschwemmung verhindert. Sobald das neue Erdreich die Höhe der Wurzeln erreicht hat, stirbt die Mangrove ab und macht einer Landvegetation Platz. Eine reiche Fauna lebt zwischen den Mangrovewurzeln; unzählige Krabben und Fische *(Periophthalmus)*, welche ihre Vorderflossen zum Laufen benutzen, springen in dem weichen Schlamm jagend umher, ganze Schaaren von Schnecken *(Neritina)* kriechen auf den Wurzeln, *Ostrea cucullata*[5]) umgiebt die Zweige der Mangrovebäume von Mosambique in einer dichten Kruste.

In den Eismeeren ist die Schorre leblos, denn hier setzt sich das Eis in jedem Winter an, und selbst während des Sommers reibt der Packeisgürtel unermüdlich mit seinen Schollen im Gebiet der Schorre, dass jedes pflanzliche oder thierische Leben hier vernichtet wird.

Eine zweite Ursache der Wasserbewegung bildet der Wind. Indem derselbe über den Wasserspiegel streicht, kräuselt er die Oberfläche; anhaltender Wind erzeugt aus den kleinen Embryonalwellen immer grösser werdende Wogen, welche in ruhelosem Wechsel auf- und niederschwingen.

Eine ozeanische Welle setzt sich zusammen aus zwei Theilen, dem soliden Wasserberg und dem daraufsitzenden Schaumkamm. Kleine Wellen können eine hohe Schaumkrone besitzen, und grosse Wellen können vollkommen glatt sein; man nennt diese letzteren Dünung.

Die höchsten gemessenen ozeanischen Wellen[6]) waren 11,5 m hoch,

---

1) Reinke, Die Flora von Helgoland. Deutsche Rundschau 1891, S. 433.
2) Duprey, Ann. Mag. Nat. Hist. 4. S. XVIII, S. 338.
3) Schimper, Malayische Strandflora. Jena.
4) v. Liebig, Jahresber. d. Geogr. Ges. München 1871, S. 107.
5) v. Martens, Sitzungsber. Berlin Acad. 1879, S. 740.
6) Kruemmel, Ozeanogr. II, S. 30 f.

der Challenger hat nur 7 m hohe Wellen beobachtet. Die längsten Wellen waren 824 m lang, ihre Geschwindigkeit 36 m in der Sekunde.

Die Tiefe, in der die Wellen noch eine merkbare Wasserbewegung erzeugen, ist nach den Versuchen WEBERS die 350malige Höhe der Wellen. AIMÉ beobachtete auf der Rhede von Algier, dass bei starkem Seegang in 40 m Tiefe erhebliche Verschiebungen der Wassertheilchen stattfinden; lange und hohe Wellen hat man in 200 m Tiefe branden sehen, und die Verletzungen von Telegraphenkabeln in 1800 m lassen darauf schliessen, dass grosse Sturmwellen noch in solcher Tiefe merkliche Bewegungen des Wassers erzeugen.

Indem sich die Wellen dem flachen Küstengebiete nähern, werden sie höher, kräftiger und überstürzen sich. Man nennt diese Erscheinung Brandung. Im Durchschnitt erreicht die Klippenbrandung die siebenfache Wellenhöhe, und bis zu 100 m Höhe kann an exponirten Stellen der Wogenschwall emporsteigen.

Die Brandung ruft naturgemäss auch überaus intensive Bodenverschiebungen in der Wassertiefe hervor. Nach TIZARD kann man Spuren einer Brandung sogar auf dem 500 m tief liegenden W.-Thomson-Rücken beobachten.

Die Brandung steigert die Wirkung der Gezeiten in hohem Maasse und vergrössert die Schorre an allen brandungsreichen Küsten.

Schon bei Besprechung des Benthos haben wir auf manche Erscheinungen im Bau der Meeresorganismen hingewiesen, welche man als Anpassungserscheinungen an die Wasserbewegung auffassen darf.

Die benthonischen Meerespflanzen haben zwar keine Wurzel, welche die Nahrung aus dem Boden aufzunehmen hätte, denn sie sind allseitig von einer Salzlösung umgeben; dagegen sind Haftscheiben und Klammerorgane weitverbreitet. Die Zellen der Haftscheibe [1]) der Tange wachsen auf der Oberseite sehr lebhaft, während die unteren Zellgruppen sich weniger vermehren. Dadurch wird die Haftscheibe gekrümmt und ihr Rand presst sich der Unterlage fest an. Die in die Spalten des Substrates eingeklemmten Stücke nehmen nach und nach die Beschaffenheit von Dauergewebe an, und werden dadurch zur dauernden Befestigung des wachsenden Tangbusches immer besser geeignet.

Eine merkwürdige Einrichtung zur Befestigung an Steinen besitzt *Haligenia bulbosa*. Hier bildet sich im Stiel oberhalb der Wurzelscheibe eine zwiebelartige Auftreibung, welche, nach unten wachsend, sich wie ein Gummikissen über die Haftorgane ausbreitet und dieselben um so fester gegen ihre Unterlage anpresst.

Das knorpelige Gewebe der grossen Tange ist ebenfalls eine Anpassung an die Wasserbewegung. Wenn man erwägt, welche Zähigkeit ein 100 m langes *Macrocystis*blatt besitzen muss, um von der Brandung nicht zerrissen zu werden, so versteht man leicht, dass der Algenthallus hierfür besondere Einrichtungen besitzt.

Auch die grasartigen Blätter der Seegräser, die vielgeschlitzten Blattorgane der Grünalgen und Florideen sind geeignet, selbst im heftigen Wogenschwall der Wasserbewegung möglichst wenig Widerstand zu bieten.

---

1) GRABENHOEFER, Botan. Zeitung 1885, S. 11.

Gross ist die Fülle der Einrichtungen, welche das Thierreich in Anpassung an die Wasserbewegung erworben hat. Das Plankton ist in seiner Existenz und seiner Verbreitung von der Wasserbewegung vollkommen abhängig. Da die Mehrzahl der Planktonthiere überhaupt keine selbstständigen Ortsbewegungen auszuführen vermögen, so würden sie an Nahrungsmangel zu Grunde gehen, wenn nicht die Gewässer des offenen Meeres in beständiger, wenn auch oft unmerklicher Bewegung wären. Dadurch kommen die Planktonthiere immer mit neuen Wassertheilchen in Berührung, und können diesen Nahrung und Sauerstoff entnehmen.

In hohem Maasse beeinflusst die Wasserbewegung die Vertheilung der Planktonthiere, besonders derjenigen, welche an der Meeresoberfläche leben. *Physalia* gehört bei Neapel zu den grössten Seltenheiten, und doch kann ein einziger konstanter Wind eine ganze Anzahl aus dem Atlantik bis nach dem Golfe von Neapel hereintreiben. *Physalia* und *Velella* besitzen in ihrer Blase, bezw. ihrem Knorpelsegel zugleich eine Einrichtung, welche es jedem Windstoss möglich macht, sie im Wasser weiterzutreiben.

Viel zahlreicher aber sind die Anpassungserscheinungen der benthonischen Fauna an die Wasserbewegung. Die festsitzende Lebensweise bietet, wie wir früher gesehen haben, den Thieren, welche sich daran gewöhnten, mancherlei Vortheile, aber der Schutz gegen Wasserbewegung ist einer der wichtigsten und darf in vielen Fällen als die eigentliche Ursache der festsitzenden Lebensweise betrachtet werden.

Während die Mehrzahl der Foraminiferen auf Algen und Seegras kriechend, zwischen den Pflanzenblättern einen genügenden Schutz gegen die Wasserbewegung findet, sehen wir *Carpenteria, Polytrema, Rupertia* aufgewachsen auf Felsblöcken und Korallenstücken, an pflanzenfreien Stellen, wo sie sonst durch die Wasserbewegung beständig umhergerollt und beschädigt werden würden. Ihre Schale ist unregelmässig geworden und bildet nur eine unscheinbare Kruste, aber sie bewahrt noch den gekammerten Bau in ihrem Gefüge.

Viele Spongien, deren eigentliches Lebenselement die bewegte Flachsee ist, zeichnen sich durch zähe Hornfasern aus, welche vielfach durcheinandergeflochten, den Körper ungemein elastisch machen.

Die Aktinien sind ebenfalls durch zähe Gewebe ausgezeichnet. Am Felsen angesaugt, werden sie selbst durch die stärkste Brandung nicht abgerissen, und ihr elastischer Körper wird nicht verletzt.

Eine typische Anpassung an die Brandung und die bewegte Wasserzone finden wir in den Stöcken der Riffkorallen. Während in den ruhigen Abgründen der Tiefsee fast nur Einzelkorallen oder solche Stöcke leben, welche aus nur wenig Einzelindividuen bestehen, ist die Brandung das Lebenselement der aus Tausenden einzelner Thiere zusammengesetzten Riffkorallen.

Die ausgewachsenen Medusen leben zwar planktonisch im offenen Meere, dagegen sind die meisten Formen in ihrer Jugend festsitzende Polypenstöcke, so dass die sich entwickelnden Medusen in dieser Zeit gegen Wasserbewegung geschützt und ihre noch zarten Gewebe noch nicht dem Spiel der Wellen preisgegeben sind.

Bemerkenswerth ist es, dass die meisten der stockbildenden Thiere in grosser Zahl beisammengefunden werden. Die Korallenriffe, die

Bryozoenlager, die Rasen zarter Polypencolonien, die gallertigen Krusten zusammengesetzter Ascidien gewähren sich gegenseitig einen Schutz gegen die Wasserbewegung, der Widerstand des Individuums wird kleiner, je grösser die Oberfäche ist, an welcher sich die brandende Welle reibt.

Nur dadurch ist es verständlich, weshalb zwischen Algen und Seegraswiesen, zwischen Korallenriffen und Bryozoencolonien ein so reiches Leben vagiler Thiere zu finden ist, welche auf dem glatten sandbedeckten Meeresboden unter sonst gleichen Umständen fehlen.

Dafür besitzt die Fauna der Sandgründe andere Schutzeinrichtungen.

Da die Intensität der Wasserbewegung nach der Tiefe zu abnimmt, so schützen sich die Thiere[1]), welche die sandigen oder schlammigen Gebiete der Flachsee bewohnen, dadurch, dass sie die Fähigkeit besitzen, in grösseren Tiefen unter der Wasseroberfläche sich aufzuhalten. Sie graben sich entweder in den Boden ein, oder halten sich an geschützten Stellen fest. *Cardium aculeatum* lebt bei Paignton in feinem schlammigen Sand, und die langen Stacheln auf der Schale dienen dazu, sie fester darin zu verankern. Dagegen besitzt *Cardium tuberculatumz* war starke Rippen, aber keine Stacheln. Sie lebt in hartem Sand unter dem Ebbespiegel und ist hier genügend fest eingesenkt, um von den Wellen nicht herausgerissen zu werden.

So dienen die Rippen von *Venus casina* und *Venus verrucosa* und die Stacheln von *Cytherea diona* demselben Zweck, in weicherem Sediment gut verankert zu sein.

Dagegen ist *Psammobia tellinella* durch ihre flache Schale wohl geeignet, um sich rasch in den Sand oder Schlamm einzugraben, und im Aquarium kann man deutlich beobachten, wie geschwind *Psammobia* sich eingräbt, während *Cardium* dies nur sehr schwerfällig macht. Die Siphonen sind eine ausgezeichnete Anpassung der Muscheln an dieses Leben im tiefen Sand.

Aporhais pespelecani ist ein träges Thier, das wenige Meter unter dem Wasserspiegel auf exponirten Sandflächen lebt. Seine langen Schalenfortsätze geben dem Thiere eine breite Basis, mit welcher es dem Meeresboden aufliegt. Man könnte nun glauben, dass dieselben dem Thier schadeten, wenn es auf den Rücken umgekehrt liegt. Allein das Experiment zeigt, dass die geringste Wellenbewegung genügt, um die Schale in ihre normale Lage zurückzubringen. Ebenso sind die Fortsätze und Schalenverzierungen von *Murex*, *Pteroceras* und *Strombus* nur Einrichtungen, um die Schale rasch wieder richtig zu orientiren.

Zusammen mit *Aporhais* leben *Natica catena*, *Buccinum undatum*, *Nassa reticulata*, *Bulla hydatis*, *Philine aperta*. Alle diese Schnecken sind augenscheinlich ungeeignet, auf dem Meeresboden zu leben und der Wellenbewegung zu widerstehen. Dagegen bohren sie sich alle in das Sediment, und kriechen durch den Sand direkt unter der Oberfläche desselben.

Asterias aurantiaca und *Antedon rosaceus* sind gute Beispiele zweier Echinodermen, welche der Wellenbewegung auf ganz anderem

1) Hunt, Journal Linn. Society Zoology, Vol. XVIII, S. 206.

Wege begegnen. *Asterias* liegt auf dem Sand mit einer starren Fläche, deren flache Form ausgezeichnet ist, um den Wellenbewegungen keinen Widerstand zu bieten. Wenn dies aber nicht genügt, so besitzt er ausserdem die Fähigkeit, vertikal in den Sand zu sinken, und sich dadurch jeder Gefahr zu entziehen. *Antedon rosaceus* dagegen findet sich in klarem Wasser an felsigem Boden, wo er heftigen Strömungen ausgesetzt ist. In der Jugend sitzt hier *Antedon* auf Pflanzen oder Zoophyten festgewachsen, während ausgewachsene Exemplare kräftige Schwimmbewegungen auszuführen vermögen.

Spatangus [1]) kann, vermöge seiner kurzen platten Stacheln, vertikal in den Sand einsinken.

Unter den Krebsen findet man drei Methoden, um Wellenbewegungen Widerstand zu leisten:

Die Felsenkrabben *(Cancer)* bergen sich in Spalten, wo sie der heftigsten Brandung widerstehen, die schwimmenden Krabben *(Portunus)* schaufeln mit ihren Schwimmfüssen den Sand auf, und finden rasch Schutz unter der Oberfläche, während die Einsiedlerkrebse *(Pagurus)* leere Schalen bewohnen und darin jeder Brandung trotzen. Die Antennen der Krebse, welche allein über den Sand hervorragen, scheinen bestimmt zu sein, eine Verbindung mit der Oberfläche des Meeresbodens herzustellen, da sonst die Thiere leicht zu tief mit Sand überschüttet werden könnten.

Fische schützen sich gegen die Wellen, entweder indem sie sich an feste Gegenstände fixiren, oder sie schlüpfen unter Steine, bohren sich in den Sand oder legen sich platt auf den Boden und lassen sich von den Wellen mit Sand überschütten.

Lepidogaster bimaculatus heftet sich mit seinen Bauchflossen an feste Objekte, *Ammodytes lancea* gräbt sich in den Sand. *Uranoscopus* ist im Sande verborgen, während nur seine gestielten Augen hervorschauen und *Lophius piscatorius* ist so im Schlamm vergraben, dass nur seine langen, auf dem Stirnbein aufsitzenden Angelruthen aus demselben ragen.

Die interessantesten aller Seefische aber sind die Schollen und Butten, welche sich vollkommen an die bewegte obere Wasserzone angepasst haben. Sie liegen mit ihrer einen Körperseite so dem Boden angeschmiegt, dass selbst eine heftige Wasserbewegung sie nicht abzuheben vermag. Auch die Rochen zeigen in ihrer Körperform eine ähnliche Anpassungserscheinung.

Limulus polyphemus, der in einem ruhigen Aquarium vollkommen hilflos ist, wenn er auf den Rücken fällt, wird bei der geringsten Wasserbewegung wieder umgekehrt.

Aber die Wasserbewegung muss geradezu als ein Faktor betrachtet werden, welcher neue Varietäten schafft oder Varietäten lokal vernichtet. Denn wenn irgendwo *Cardium aculeatum* in weichem Schlamm, *Cardium tuberculatum* in gröberem Sande lebt und durch geologische Veränderungen die Beschaffenheit dieser Sedimente verändert wird, so müssen lokal viele Formen aussterben, wenn sie nicht durch andere Schalenverzierungen sich den neuen Bedingungen anpassen.

---

1) Oxler, Phil. Trans., R. S. 1826, S. 347.

In welcher Weise der Umriss von Muschelschalen durch konstante Wasserbewegungen verändert wird, dafür giebt Jordan[1]) interessante Beispiele, die ich hier, obwohl sie Süsswasserformen betreffen, nicht verschweigen darf:

Im Allgemeinen ist bei der Fluss-*Unio* durchweg das gegen den Strom wie ein Sturmbock gerichtete Vordertheil immer unverhältnissmässig dicker als das Hintertheil, welches letztere durch jenes geschützt, auch in ziemlich schnell fliessenden Gewässern oft ganz dünn bleibt. Auch bei dem sehr massiven, in sehr reissenden Gewässern lebenden *Unio crassus* und *Margaritana margaritifera* ist das Vordertheil stets dicker.

Bei der See-*Unio* dagegen, auf welche keine einseitigen Strömungen einwirken, sind die Schalen ziemlich gleichmässig gebaut, vorn schwächer, hinten stärker als bei den Flussbewohnern.

In dem Wörther See bei Klagenfurth an einer schlammigen, dem Wogenschlag sehr ausgesetzten Bucht, sind *Unio pictorum*, *Unio crassus var. batavus* und *Anodonta variabilis* mit einem hakenförmig nach unten gebogenen Hintertheil versehen, so dass man die Muscheln dieser Lokalität als *Unio platyrhynchus*, *Unio decurvatus* und *Anodonta rostrata* besonders beschrieben hat, während in dem benachbarten Lendkanal alle drei Arten ohne die Hakenform vorkommen, denn hier bedürfen sie eines solchen Nothankers nicht.

Unio pictorum aus tiefen, klaren Seen hat dagegen eine eigenthümlich nach oben gebogene Schale.

Am meisten aber macht sich der Einfluss der Lokalität in den verschiedenen Formen der Schlosszähne geltend. In fliessendem Wasser werden die Schalenhälften leicht in der Längsrichtung verschoben, deshalb entwickelt sich bei *Unio pictorum var. pachyodon* aus schlesischen Flüssen ein mächtig entwickelter hinterer Schlosszahn in der linken Klappe. Eine Verschiebung der Schalen in der Vertikale, wie sie am Grunde eines wogenden Sees leicht möglich ist, wird durch die Seitenzähne verhindert. Demgemäss sehen wir bei den, Seen bewohnenden, Formen die Hauptzähne schwach entwickelt, so dass bei *Unio pictorum* der hintere Hauptzahn der linken Klappe völlig verschwindet, während die Seitenlamellen stark und hoch ausgebildet sind.

In analoger Weise sind die beiden einzigen fluviatilen Arten der Gattungen: *Cyclas rivicola* und *Pisidium amnicum* mit zwei Hauptzähnen in jeder Klappe versehen, welche den Seeformen vollständig fehlen. Die Beobachtungen machen die Vermuthung wahrscheinlich, dass die Schlosszähne der Muscheln in ihrer Zahl und Form von der Wasserbewegung bedingt seien, und als eine Einrichtung zum Schutze gegen dieselbe anzusprechen sind.

Dass die Schale der Muscheln und Schnecken in ihrer Dicke und Form von der Wasserbewegung sehr beeinflusst wird, ist schon von mehreren Autoren betont worden. Wenn man das kompakte Gehäuse einer im Niveau der Brandung lebenden *Litorina litorea* vergleicht mit der zarten Schale, welche die wenigen Mollusken der Tiefsee tragen, so drängt sich die Ansicht auf, dass die geringe Wasserbewegung in der Tiefsee und die Brandung in der Schorre hierfür maassgebend gewesen sein dürften.

1) Biolog. Centralblatt I, S. 394.

9. Strömungen und Zirkulation des Meeres

Nachdem wir in dem vorigen Abschnitt zwei Arten der Wasserbewegung besprochen haben, welchen eine beträchtliche Kraftleistung innewohnt, und die daher sehr auffallende Anpassungserscheinungen der Organismen bedingen, ist es jetzt unsere Aufgabe zweier anderer Wasserbewegungen zu gedenken, welche in ganz anderer Weise verlaufen und ganz andere Wirkungen hervorrufen.

Wenn der Wind eine Zeit lang den Meeresspiegel bestrichen und hierbei dessen obere Schichten in Wellenbewegung versetzt hat, so bewegt sich das Wasser erstens vertikal auf und ab, indem sich Wellenberge herausheben und Wellenthäler bilden, zu gleicher Zeit aber entsteht eine in der Richtung des Windes erfolgende Vorwärtsbewegung des gesammten Oberflächenwassers. Ebenso wie Seegelschiffe und andere Treibkörper an der Wasseroberfläche vom Winde vorwärts getrieben werden, so wirkt der Wind vorwärtsbewegend auch auf die Wasseroberfläche ein. Diese mit dem Winde gleichsinnige Wasserbewegung hört auf, sobald der Wind sich legt; wenn aber konstante Winde eine längere Zeit hindurch wehen, so vermögen sie die Oberfläche des Seewassers in eine andauernde strömende Bewegung zu versetzen. Der 4 Monate lang wehende NO-Monsun erzeugt in der Palkstrasse eine geradezu reissende Strömung des Seewassers nach SW, während der SW-Monsun eine noch heftigere Wasserbewegung nach NO hervorruft.

Allein da die beiden Monsune im Indik während des Jahres regelmässig abwechseln, so wird immer wieder eine Strömung durch die andere aufgehoben.

Anders ist es nun, wenn Jahr aus Jahr ein der Wind in derselben Richtung über die Meeresfläche weht, wie solches im Gebiet der Passatwinde erfolgt. Dann überträgt sich die konstante Bewegung der obersten Wasserschicht durch Reibung auf die darunterliegende, und indem jedes Jahr derselbe konstante Passatwind herrscht, werden immer tiefere Wasserschichten von jener Bewegung erfasst.

Um eine Vorstellung[1]) von der Zeit zu geben, welche eine zur Zeit $x = 0$ beginnende, konstant bleibende Oberflächengeschwindigkeit braucht, um den Zustand im Innern eines 4000 m tiefen, vorher

1) Kruemmel, Ozeanographie S. 346.

ruhenden Ozeans dem stationären entgegenzuführen, sei bemerkt, dass nach 10,000 Jahren in der halben Tiefe, also x = 2000 m erst 3,7 % der Geschwindigkeit der Oberfläche herrscht.

Indem man die Richtung der Passatwinde mit der Richtung der Meeresströmungen vergleicht, kann man sich leicht von der Richtigkeit dieser Zoeppritz'schen Strömungstheorie überzeugen. Die Bewegungen [1]) in den einzelnen Ozeanen haben darnach soviel Gemeinsames, dass es nicht schwer fällt, folgendes Schema der Strombewegung eines ideellen Ozeans zu konstruiren, der zwischen zwei, um etwa 90° voneinander entfernten Meridianen gelegen, von Pol zu Pol sich erstreckt: In tropischen Breiten ist sowohl nördlich als südlich vom Aequator eine allgemeine Strombewegung nach Westen vorhanden, getrennt durch eine, zwischen die beiden Aequatorialströme eingeschaltete Aequatorialgegenströmung, welche an der Ostseite in die Westströmung zurückführt. Letztere biegen beide an der Westseite des Ozeans polwärts um, verlassen aber in 40—50° Br. das Ufer, um nunmehr nach Osten abschwenkend, als „Verbindungsströme" der Gegenküste zuzustreben, wo eine weitere Theilung in zwei Hälften erfolgt. Die eine derselben strebt polwärts, um aber dann, wieder nach Westen umbiegend, bis in den Raum zurückzufliessen, den die Verbindungsströmung bei ihrem Abschwenken von der Küste zwischen 40 und 50° Br. zwischen sich und der Küste gelassen hat. Die zweite Hälfte wendet sich an der Ostseite des Ozeans dem Aequator zu, um die Aequatorialströmung der gleichen Hemisphäre zu speisen.

Wenn auch dieses Stromschema durch Kompensationsströme, Rotationsströme und Ablenkung durch die Küstenlinie manche Abweichungen erleidet, so stimmen Theorie und Empirie doch so genau überein, dass die neue Strömungstheorie von Zoeppritz als durchaus sicher gelten muss.

Die Ursache der Meeresströmungen ist also nicht der Dichtigkeitsunterschied verschieden schweren Wassers, sondern der Wind.

Die Geschwindigkeit des Golfstromes, oder wie er bei seinem Ursprung an der Ostküste Nordamerikas heisst, des Floridastromes, beträgt in der Sekunde 1,5—2,5 m, doch wechselt die Geschwindigkeit nach den Jahreszeiten. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Geschwindigkeit ab. Am 24. April 1874 fand der Challenger in 1100 m keine messbare Bewegung mehr.

Die Meeresströmungen sind also in erster Linie Oberflächenbewegungen, deren Geschwindigkeit am Boden des tiefen Meeres sehr gering und meist unmessbar klein ist. Ihre mechanische Leistungsfähigkeit ist also mit Rücksicht auf den Meeresgrund und die denselben bewohnenden Organismen überaus geringfügig, obwohl gerade in der geologischen Literatur den Meeresströmungen in dieser Hinsicht irrthümlicher Weise eine ganz hervorragende Rolle zugeschrieben wird.

Aber nach zwei Richtungen verdienen die Meeresströmungen ein hohes bionomisches Interesse.

Bekanntlich kann man den Verlauf einer Meeresströmung am leichtesten mit dem Thermometer bestimmen, d. h. die Temperatur einer

1) Kruemmel, Ozeanographie, S. 325.

Meeresströmung unterscheidet sich in der Regel von der Temperatur des umgebenden Wassergebietes. Warme Ströme dringen vom Aequator nach den Polen, kalte Strömungen steigen von hier nach den Tropengebieten. Und so wird die Verteilung der Temperatur des Ozeans nicht so sehr von dem Klima der Breitengrade als von der Richtung und dem Verlauf der Meeresströmungen bestimmt. Die Ozeanströmungen[1]) tragen mehr als die Hälfte der tropischen Wärme nach der gemässigten Zone, der Golfstrom allein $^1/_{12}$ der empfangenen Wärme.

Um zu erkennen, wie die Temperatur nicht nur des Meeres, sondern auch der Küsten durch die Meeresströmungen verändert wird, verfolge man den Verlauf einzelner Isothermen, z. B. der nördlichen Juliisotherme[2]) von 20°. Dieselbe verläuft von O. nach W. durch Nordamerika in einer regelmässig ansteigenden, nur an den Canadischen Seen unterbrochenen Linie von 40—52° N. Br. An der Pazifischen Küste sinkt sie rasch nach dem Aequator zu, bis in 22° N. Br. In ähnlicher Weise steigt dieselbe Isotherme durch Europa und Asien bis zu den Pazifischen Küsten von 50—62° N. Br. Dort aber sinkt sie unvermittelt auf 39° N. Br. In beiden Fällen wird die Verlagerung der Isotherme um etwa 25 Breitengrade ausschliesslich durch Meeresströmungen hervorgerufen.

Nun haben wir in einem früheren Abschnitt gesehen, dass die Temperatur der wichtigste Faktor für die Vertheilung der marinen Organismen ist, dass Salzgehalt, Bewegung, Druck und andere Bedingungen nur nebensächliche Korrekturen an den durch die Temperatur begründeten Hauptzügen faunistischer Grenzen hervorbringen. Und so erkennen wir, welchen Einfluss indirekt die konstanten Winde auf die Vertheilung der Organismen im Meere besitzen.

Aber die Meeresströmungen mit ihren konstanten Temperaturen bieten nicht allein der Meeresfauna eine Gewähr für ihre geographische Lokalisirung, sondern sie vertheilen auch immer aufs neue die Organismen über alle Zonen des Weltmeeres.

Durch den Golfstrom[3]) werden oft Fische des mittleren und südlichen Atlantik nach Norwegen verschlagen. So: *Gymnetrus Grillis, Trachypterus vogmarus, Pterycombus brama, Lampris guttatus, Chironectes arcticus, Beryx borealis, Sternoptyx Olfersi, Cantharus griseus.* Zwar pflanzen sich diese Formen dort nicht fort, allein durch so weitgehende Verschleppung ist die Möglichkeit der Verbreitung neuer Arten in hohem Maasse geboten.

Alle freischwimmenden oder treibenden Pflanzen und Thiere, alle freischwimmenden Larven benthonischer Thiere werden von den Meeresströmungen von ihrem Geburts- und Wohnort weit fortgeschleppt, und dadurch alle Meerestheile immer wieder durch neue Einwanderer bevölkert. Alles planktonische Material wird durch die Meeresströmungen so lange verfrachtet, bis die Wasserbewegung ihr Ende erreicht, sei es, dass sie an einer Küste aufläuft oder im offenen Meere sich verliert.

---

1) HAUGHTON, Lectures on Physical Geography.

2) BERGHAUS-HANN, Physik. Atlas, Meteorologie.

3) NILSON, Compt. Rend. LI, S. 212 nach Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1862, S. 235.

Ein treffendes Beispiel für diese letztere Erscheinung bietet das Golfkraut *(Sargassum vulgare)*. Dieser Tang[1]) lebt auf felsigem Grunde an den Küsten Mittelamerikas von 32° N. Br. bis 5° S. Br. Hier reissen die sommerlichen Tropenorkane das Golfkraut ab, und der Floridastrom frachtet es nach Nordosten. Im Meere sieht man lange Streifen von Tangbündeln nebeneinander ziehen.

Im Verlauf von 6 Monaten ist das Golfkraut bis südwestlich von den Azoren gelangt; hier hört die Strömung auf und die treibenden Tangsträusschen bleiben an der Meeresoberfläche mit Hilfe ihrer Luftblasen schwimmend erhalten, bis sie verwesen und zerfallen.

Die Planktonorganismen bilden die Nahrung vieler benthonischer Thiere. Infolgedessen beeinflusst der Planktonreichthum einer Meeresströmung den Benthosreichthum des darunter befindlichen Meeresgrundes. Nach Agassiz[2]) wird die Mannichfaltigkeit der pelagischen Fauna des Golfstromes von keiner anderen Fauna übertroffen; und wer je mit aufmerksamen Auge den Golfstrom gekreuzt hat, der ist erstaunt gewesen über den Reichthum desselben an Medusen, Ctenophoren, Heteropoden, Salpen und Krebsen. Nun findet sich das reichste Thierleben[3]) am Atlantikboden im Gebiet des Golfstromes. Die Gründe der kleinen Antillen, das Yukatanplateau, die Tortugas, das Pourtalesplateau sind bedeckt mit einer Fülle der prächtigsten Thiere, und deren Schalenpanzer häufen sich in diesen Tiefen zu bedeutenden Kalklagern auf. Auch im Gebiet des Kuro-Siwostromes an den japanischen Küsten fand der Challenger eine überaus reiche Thierwelt am Meeresgrunde. Es scheint daher, dass die grosse Zahl des in diesen Strömungen lebenden Planktons die reiche Entfaltung des Benthos am Meeresgrunde veranlasst.

Dem gegenüber wirkt der Golfstrom in geringeren Tiefen schädlich, denn bei Charleston in Tiefen von 180—640 m ist der Meeresboden sehr thierarm. Wahrscheinlich hat der Golfstrom in dieser Tiefe noch so viele Kraft, dass er die Anheftung und Niederlassung von benthonischen Thieren erschwert.

Wir dürfen zum Schluss nicht übergehen, dass die Meeresströmungen ein wichtiges Transportmittel für die Flora und Fauna einer Küste nach einem anderen Gestade sind, dass abgelegene Inselgruppen wesentlich durch Meeresströmungen besiedelt werden.

Von 94 verschiedenen Pflanzensamen, welche Martins[4]) in Mittelmeerwasser brachte, sanken 39 unter, während 55 schwammen. Davon keimten 18 Samen nach sechswöchentlichem Aufenthalt in Seewasser, 7 Arten noch nach 3 Monaten, nämlich: *Cucurbita pepe*, *Xanthium macrocarpum*, *Runus aquaticus*, *Beta vulgaris*, *Ricinus communis*, *Ricinus africanus*, *Ephedra distachya*. Daher darf man sich nicht wundern, wenn lebende Früchte[5]) von *Guilandina bonduc* von den Antillen bis nach den Azoren verfrachtet werden.

---

1) Kruemmel, Petermann's Mitth. 1891, S. 139.
2) Agassiz, Bull. Mus. Comp. Anat. 1880.
3) Agassiz, Blake I, S. 91.
4) Compt. Rend. Acad. Paris 57, S. 266.
5) Challenger, Narrative I, S. 129.

1887 trieben in Port Elisabeth (Südafrika)[1]) Nüsse von *Barringtonia speciosa* aus Ostindien an, welche keimten und zu mehreren Fuss hohen Pflanzen heranwuchsen. Auch 4 Stück von *Pelamis bicolor*, einer giftigen Schlange von Sumatra, wurden ans Land getrieben, und ein Exemplar lebte noch. Da zu gleicher Zeit viele Bimsteine durch die Strömungen herbeigeführt wurden, so ist es wahrscheinlich, dass diese Treibkörper aus dem Gebiet des Krakatau herstammten.

Eine grosse Zahl von hierhergehörigen Beispielen führt Wallace[2]) an und belegt damit, in welcher Weise die Besiedelung der Inselarchipele vor sich gegangen ist.

Keilhack[3]) berichtet, dass man im Vopnafjördr auf Island zahlreiche, vom Meere ans Land getriebene Hölzer und Samen tropischer Gewächse findet. Aus den Urwäldern des Mississippi und Orinoko kommend, führt sie der Golfstrom nordwärts an der Küste von Norwegen hin, bis nach Spitzbergen, dort werden sie von einer entgegengesetzten arktischen Strömung erfasst, die sie wiederum nach Südwesten zurückführt und im nordöstlichen Island ans Land wirft. Unter den Samen findet sich am häufigsten *Entada gigalobium*, dann *Piscidia erythrina, Cocos nucifera, Cucurbita lagenaria, Cassia fistula, Anacardium occidentale.* Die Hölzer kommen meist als entrindete, gebleichte Stämme, häufig mit Tangen und Muscheln bedeckt, von Pholaden durchbohrt, nach langer Reise an die öden Gestade.

Auf der Fahrt[4]) von Samboangan nach Humboldt-Bai (Neuguinea) traf der Challenger grosse Mengen von Treibholz, welche wahrscheinlich durch den Mamberanfluss ins Meer gefrachtet worden waren. Viele entwurzelte Stämme, deren einer 2' Durchmesser hatte, und eine Menge kleinerer Zweige, Mittelrippen von Palmen, Rindenstücke und Samen von 50 Landpflanzen waren zu sehen. Blätter schienen zu fehlen, denn sie sinken zuerst zum Grunde, so dass sie nahe der Küste dem Sediment beigemengt werden, während Holz und Früchte weiter seewärts getragen werden. Viele Stämme und Aeste schwammen in vertikaler Stellung, obwohl ihr Unterende nicht durch eine Last von Erde beschwert war; die Früchte und Holzstücke waren mit Schneckeneiern, Hydroiden, Radiolarien und Diatomeen bedeckt. Zwei Krabbenarten bewohnten sie; *Lepas* war häufig darauf gewachsen. Enorme Mengen von kleinen Fischen schwärmten unter dem Treibholz und wurden von Delphinen *(Coryphaena)* und Haien *(Carcharias)* verfolgt. Aeltere Holzstücke waren von *Pholas* angebohrt.

Ganz unabhängig von den Meeresströmungen vollzieht sich im Meere eine andere Bewegung des Wassers, welche zwar eine kaum messbare Geschwindigkeit besitzt, aber doch für die Oekonomie des Meeres von grundlegender Bedeutung ist. Die Meereswellen, die Gezeiten, die Strömungen waren oberflächliche Erscheinungen, deren Gebiet die oberen Meeresschichten sind, und welche ihren Einfluss unterhalb 1000 m nur geringfügig geltend machen. Es würde infolgedessen das Wasser der tieferen Regionen vollständig stagniren, wenn nicht die

---

1) Buckland, Nature, 1888, S. 245.
2) Island Life.
3) Keilhack, Reisebilder aus Island S. 215.
4) Challenger, Narrative II, 680.

verschieden dichten Wasser des Weltmeeres sich gegeneinander austauschen, durcheinander diffundiren würden. Man bezeichnet diesen Austausch der verschieden dichten Wassermassen als Wasserversetzung oder Zirkulation.

Die Ursachen der Zirkulation sind: Unterschiede der Temperatur, des Salzgehaltes und des Winddrucks. Das Wasser der Polarmeere, durch die Winterkälte abgekühlt, wird schwerer und sinkt in die Tiefe. Dieses kalte polare Oberflächenwasser, reich an Sauerstoff und Nahrungsbestandteilen, sinkt immer tiefer und fliesst dabei gegen den Aequator zu. (Das Gefälle vom Polarkreis bis nach dem Aequator beträgt 1 : 1 200 000. Bei einem so geringen Gefälle und bei dem Widerstand der entgegentretenden Wassermassen kann die Geschwindigkeit der Zirkulation nur eine ganz unmessbar kleine sein.) Im Zusammenhang [1]) damit steht es, dass die tiefsten Bodentemperaturen im Weltmeer da gefunden werden, wo die grossen Ozeane die breitesten und tiefsten Zuflüsse vom Polarmeer erhalten. Da das nördliche Polarbecken durch seichte Schwellen von den übrigen Meeren in der Tiefe abgetrennt wird, so kommt die Hauptmasse der Bodengewässer der grossen Ozeane aus dem antarktischen Becken, hat also einen weiten Weg bis in den Nordatlantik und Nordpazifik zurückzulegen. Infolgedessen nimmt die Bodentemperatur der Tiefsee vom Südpolarmeer nach nördlichen Regionen langsam zu.

Die kalte Area und das 13° warme Bodenwasser des Mittelmeeres sind lehrreiche Beweise für die Thatsache dieser langsamen Wanderung des schweren Polarwassers nach dem Aequator, denn der W.-Thomsonrücken ebenso wie die Bodenschwelle von Gibraltar sind unübersteigliche Hindernisse der vordringenden schweren Tiefenwasser.

Eine zweite Ursache der Zirkulation ist der verschiedene Salzgehalt des Meerwassers. In den Tropen verdunstet jährlich eine Wasserschicht von 2 — 3 m, im Rothen Meer sogar von 7 m Dicke; infolgedessen sinken stets schwere salzreichere Wasserschichten in die Tiefe, während leichte salzärmere statt dessen emporsteigen. Besonders in unselbstständigen Meeren werden dadurch konstante Zirkulationsströme erzeugt, welche in manchen Fällen sogar in ihrer Bewegung den Meeresströmungen nahekommen. So dringt ein salzreicher Unterstrom beständig durch die Strasse von Gibraltar nach dem Atlantik, während ein salzarmer Strom atlantischen Oberflächenwassers dafür in das Mittelmeer eintritt. Im Gegensatz hierzu tritt eine salzarme Strömung durch die dänischen Strassen aus der Ostsee nach der Nordsee heraus, während in 20 m Tiefe das salzreichere Nordseewasser bis nach Rügen hereindringend verfolgt werden kann.

Endlich finden wir eine dritte Ursache der Wasserversetzung in dem Windstau. Jeder kräftige Wind, welcher eine Zeit lang auf eine Wasserfläche einwirkt, treibt das Wasser an der dem Wind entgegenstehenden Luvküste in die Höhe, während er in seinem Rücken auf der Leeküste eine Depression des Wassers herbeiführt. Der Wind erzeugt also einen gleichsinnigen Oberstrom, während durch einen widersinnig verlaufenden Unterstrom die Druckdifferenz wieder ausgeglichen werden soll.

---

1) Kruemmel, Ozeanographie II, S. 289.

Diese Strömungen sind allerdings in seichten Meeren besonders deutlich zu erkennen, allein selbst die grossen Ozeane zeigen eine Temperaturvertheilung, welche darauf schliessen lässt, dass auch hier der Windstau eine Rolle spielt. Die Westküsten von Afrika und von Südamerika werden nicht nur durch den kalten Polarstrom abgekühlt, der ihre Ufer bespült, sondern auch durch das kalte Auftriebwasser, welches infolge der dort herrschenden Winde empordringt.

Der Mangel von Korallenriffen an diesen Küsten erklärt sich daraus ungezwungen.

Durch die drei genannten Ursachen werden die Wasser der verschiedenen Ozeane immer wieder aufs neue durcheinandergemischt. Nimmt man die Thätigkeit des Windes und der Gezeiten mit hinzu, so erkennt man leicht, dass die in unmessbarer Geschwindigkeit verlaufende Wasserversetzung überall stattfindet, dass aber die vornehmste Ursache derselben in dem Vordringen des kalten schweren Polarwassers nach der Tiefsee des Aequators liegt.

Wenn wir zu den genannten Erscheinungen noch diejenigen Bewegungen hinzufügen, welche durch die Lebensthätigkeit des Nekton und des vagilen Benthos im Meere überall erzeugt werden, so sehen wir die gesammte Masse des Ozeanwassers beständig durcheinander gerührt und erkennen darin die Ursache für die qualitative Homogenität des Seewassers vom Pol bis zum Aequator.

Diese beständige Wasserbewegung, so gering auch ihr Ausmaass sein kann, hat sehr bedeutungsvolle bionomische Folgen.

Wir haben früher auseinandergesetzt, dass die Organismenwelt Kohlensäure und Sauerstoff bedarf, wenn sie existiren und sich fortpflanzen will. Es können infolgedessen nur da marine Pflanzen und Thiere gedeihen, wo das Meerwasser diese beiden Gase enthält.

Das Meerwasser vermag sehr viel Luft zu absorbiren, und wenn auch die oberflächliche Wellenbewegung das Wasser mit atmosphärischer Luft versorgt, so wird doch andererseits durch den Assimilationsprozess der Meerespflanzen im diaphanen Gebiet überall Sauerstoff gebildet und durch die an allen Orten stattfindende Thierathmung und Verwesung organischer Substanzen Kohlensäure geliefert. Durch diese dreifache Ursache wird der Luftgehalt des Meerwassers ein ziemlich beträchtlicher. Es kommt hinzu, dass das Meerwasser um so mehr Luft zu absorbiren und festzuhalten vermag, je kälter es ist. Infolgedessen nimmt der Luftgehalt nach dem Polargebiet und nach der kälteren Tiefsee beständig zu, das schwere Polarwasser fliesst durch die Wasserversetzung am Boden des Meeres vom Pol nach dem Aequator und damit wird die Tiefsee aller offenen Meere beständig mit neuer Luft versorgt.

Nach den Versuchen von Regnard [1]) diffundirt Sauerstoffgas so langsam in einer ruhenden Wassersäule, dass es etwa in einem Jahr nur 4 m tiefer dringt. Es würde also die Luftversorgung der tieferen Wasserschichten eine sehr kärgliche sein, wenn der Ozean ruhiges Wasser besässe. Allein die eben geschilderte Wasserversetzung gleicht diesen Fehler aus und bewirkt es, dass die im Wasser gebildete, oder

1) Comptes Rend. Soc. de Biologie 1892, nach Centralblatt f. Physiologie 1892, S. 540.

durch die Wellen eingeführte Luft überall hindringt und überall Leben möglich machen kann.

BUCHANAN[1]) fand auf der Challengerreise folgende Werthe:

Tiefe des Wassers:	Luftvolumen:	Sauerstoffvolumen:	Kohlensäurevolumen:
Oberfläche	13—28 %	29—35 %	5—27 %
meistens	16—20 „	32—34 „	16—20 „
9 m	19 „	33 „	17 „
18 „	15 „	32 „	17 „
45 „	15—18 „	31—33 „	10—18 „
90 „	14—25 „	29—35 „	10—35 „
180 „	16—20 „	18—30 „	11—23 „
360 „	16—20 „	23—28 „	15—26 „
550 „	18—20 „	10—24 „	18—31 „
730 „	20—23 „	12—19 „	20—32 „
1460 „	21—27 „	22—25 „	17—42 „
1645 „	23 „	28 „	19 „
2740 „	22 „	13 „	31 „
4190 „	28 „	23 „	24 „
5210 „	31 „	28 „	37 „
Bodenwasser ergab folgende Werthe:			
5480 m	22 %	24 %	26 %
8360 „	16 „	29 „	14 „

Wenn wir die bei dem Menschen gewonnenen Resultate zu Grunde legen dürfen, so braucht ein höheres Wirbelthier im Laufe eines Tages pro Kilo Körpergewicht 6500 ccm Sauerstoff für seine Athmung. Freilich dürfen wir diesen Werth nicht auf die niederen Thiere anwenden, denn hier ist infolge der wechselwarmen Körpertemperatur und der geringen Lebensenergie auch der Sauerstoffverbrauch ein überaus geringer.

BUNGE[2]) zeigte, dass die im Darme der höheren Thiere lebenden parasitischen Würmer mehrere Tage lang ohne Zufuhr von Sauerstoff leben können, und dass auch die im Schlamm lebenden niederen Thiere ein sehr geringes Sauerstoffbedürfniss besitzen.

Wenn wir also bedenken, welche Menge von Sauerstoff im Meerwasser in allen Breiten und Tiefen enthalten ist, dann verstehen wir, dass von dieser Seite dem Thierleben nirgends eine Grenze gesetzt ist.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Meerespflanzen. Aquarien, ohne Wasserwechsel, in denen man Seethiere halten will, müssen durch einen sinnreich erdachten Durchlüftungsapparat stets mit frischer Luft versorgt werden. Dagegen zeigten die Versuche von OLTMANNS[3]), dass Kulturen von Seealgen ohne diese Durchlüftung besser gediehen, ja dass die in durchlüfteten Aquarien gehaltenen Algen häufig durch Absterben der Spitzen litten. Die für die Athmung der Pflanzen nöthige Sauerstoffmenge wird durch den Assimilationsprozess erzeugt, sofern sie nicht schon im Wasser enthalten war. Dagegen wird durch das Durchleiten

1) BUCHANAN, Chall. Rep. Phys. and Chem. I, S. 156.
2) BUNGE, Zeitschr. für physiol. Chemie 1888, S. 565; 1890, S. 321.
3) OLTMANNS, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 368.

von Luft, die im Seewasser vorhandene Kohlensäure mit abgegeben. Diese Verminderung des Kohlensäuregehaltes ist aber für das Leben der Pflanzen nachtheilig.

So sehen wir im Meere durch die Wasserbewegung und Wasserversetzung einen Kreislauf der Gase unterhalten. Atmosphärische Luft wird durch Süsswasserströme, durch Wellen und Brandung dem Ozean zugeführt. Kohlensäure bildet das athmende Thierreich und die verwesenden organischen Substanzen. Die Pflanzenwelt assimilirt diese Kohlensäure unter dem Einfluss des Lichtes, bildet Protoplasma und organische Stoffe, welche dem Thierreich zur Nahrung dienen, und spaltet Sauerstoff ab, der wieder von den Thieren durch den Athmungsprozess in Kohlensäure umgewandelt wird.

---

10. Die Flora des Litorals.

Das Litoralgebiet bildet die Grenze und zugleich das vermittelnde Uebergangsgebiet zwischen Festland und Ozean. Und während die Organismenwelt des Landes in der Litoralzone gegen das Meer vordringt und in einzelnen Vorposten sich in das flüssige Element hineinwagt, strebt zu gleicher Zeit die Lebewelt des Meeres, hinauszuschreiten über die Grenzen, welche ihr durch die Verbreitung des Seewassers gezogen sind.

Eine scharfe Grenze zwischen Geobios und Halobios zu ziehen, ist ein vergebliches Bemühen, denn das Litoral wird von beiden bewohnt.

Wenn wir vom Standpunkt der Pflanzengeographie das Litoralgebiet prüfen, so lernen wir dasselbe als den Schauplatz zweier Wanderungen kennen.

Auf der einen Seite sehen wir einzelne Vertreter, Gattungen oder Arten der festländischen Flora gegen das Meer vordringen und sich anpassen an die Existenzbedingungen des salzigen Bodens der vielbewegten Küstenzone; in der Mangrove dringt die Landflora muthig in das nasse Element selbst hinein, und die Seegräser sind im Salzwasser schon so heimisch geworden, dass sie selbst im Süsswasser nicht mehr zu leben vermögen. Dem gegenüber dringt die Flora des Meeres in die Lagunen und Aestuarien hinein, erklettert die Felsen der Küste und erträgt selbst Trockenheit und Wassermangel während der Ebbe.

Betrachten wir in einigen charakteristischen Beispielen diese beiden erdgeschichtlich überaus wichtigen Wanderungen.

Die Küste ist in der Regel mit jungen marinen Absätzen bedeckt, mit Kalksanden, Thonschlamm oder Geröllen. Oder landwärts wehende Winde haben den am Ufer ausgespülten Sand zu hohen Dünenzügen aufgeschüttet. Diese Sedimente sind durchtränkt mit Salz und sind infolgedessen von einer S a l z v e g e t a t i o n bedeckt, welche als Küstenflora oder Strandflora geradezu charakteristisch ist.

Die ganze Flora[1]) der Küste steht gleichsam unter dem Banne des zu grossen Gehaltes des Bodens an Chlornatrium, welches einer

---

1) SCHIMPER, Indomalayische Strandflora. Jena 1891, S. 6.

reichen Formentfaltung keinen Spielraum gewährt, sondern die Wahl zwischen einigen wenigen Typen der Organisation gebietet.

Da der Salzgehalt[1]) des Bodens landeinwärts ganz allmälig abnimmt, so ist die Küstenflora durch graduelle Uebergänge mit der Landflora verknüpft. Oftmals kann man jedoch mehrere hintereinanderliegende Vegetationszonen unterscheiden. Zu innerst finden wir eine Uebergangszone, innerhalb deren der Salzgehalt des Bodens verschwindet. Hier wachsen *Silene otites*, *S. Portensis*, *Dianthus gallicus*, *Althea officinalis*, *Astragalus Bayonensis*, *Bupleurum tenuissimum*, *Centaurea aspera* und *Erythraea spicata;* es ist dies die Zone der Dünen und Sandebenen, dieselbe fehlt an steilen Küsten.

*Ephedra*rasen bilden den Uebergang zu den beiden anderen Zonen, die aufs engste mit der Beschaffenheit des Bodens zusammenhängen. Auf felsigem, steinigem Grunde siedelt sich die Flora der Küstenfelsen an: *Cakile maritima*, *Arenaria peploides*, *Crithmum maritimum*, *Salsola kali*, *Atriplex crassifolia*, *Triticum junceum*. Wo aber der Strand sandig und schlammig ist, da bilden *Spartina stricta*, *Salicornia* und andere Chenopodiaceen die Zone des Schlammes.

Naturgemäss kann man eine Menge von Uebergängen und Veränderungen auffinden; im Allgemeinen dringen etwa 30 Pflanzen bis hart an das Ufer des Meeres heran, ohne unter dem vermehrten Salzgehalt des Bodens zu leiden.

Dass es wesentlich der Salzgehalt ist, der die Zusammensetzung der Strandflora bestimmt, geht daraus hervor, dass man manche dieser Strandpflanzen auch im Binnenlande wiederfindet, wo der Boden mit Salz getränkt ist. So konnte Schulz[2]) auf dem salzhaltigen Boden bei Halle folgende echte Salzpflanzen nachweisen: *Ranunculus Baudotii*, *Spergularia salina*, *Sp. marginata*, *Aster tripolium*, *Artemisia maritima*, *Erythraea linariifolia*, *Glaux maritima*, *Chenopodina maritima*, *Salicornia herbacea*, *Scirpus rufus* u. A.

Neben diesen Salzpflanzen, welche durch den Chlornatriumgehalt des Bodens an die Küste gelockt werden, finden wir aber auf den sandigen Dünenküsten eine besonders geartete Flora, die wir oben schon vom französischen Litoral erwähnten, welche aber auch an den deutschen Küsten reich entwickelt ist. Die Sandpflanzen haben die Fähigkeit, zwischen ihren Halmen und Blättern Sand zu fangen und durch denselben hindurch zu wachsen, so dass sie bei der Anhäufung der Sanddünen oftmals eine wichtige Rolle spielen.

Ammophila arenaria[3]) und *Elymus arenarius* gedeihen infolgedessen auf den Dünen Jütlands ausgezeichnet.

Wenden wir uns von diesen Vegetationsbildern des nordischen Litorals südlicheren Breiten zu, so finden wir an den Küsten des Rothen Meeres in den Schorawäldern eine charakteristische Litoralflora.

In drei Vegetationsformen[4]) tritt die Schora (*Avicennia offici-*

---

1) Contejean, Ann. des Sc. Nat. 6. Serie. Botanique II, S. 236.
2) Schulz, Die Vegetationsverhältnisse der Umgebung von Halle 1888, S. 59.
3) Maak, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1865, II, 203.
4) Schweinfurth, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1865, I, S. 301.

nalis und *A. tomentosa*) vor die Augen des Beschauers. Erstlich bildet sie am trocknen Ufer, doch nie die Fluthmarke überschreitend, dichte schönbelaubte Gebüsche, welche zu weiten Dickichten ausgedehnt, nicht selten von Meereserweiterungen, stagnirenden Pfützen und Sümpfen unterbrochen werden. Im tiefen Schatten dieses Buschwerkes, unter welchem durch Ansammlung des lederartigen Laubes schwarzer Humus niedergesetzt ist, herrscht zur Mittagszeit eine erstickend heisse, durch zahlreiche ausgeworfene Thierleichen verpestete Luft. Tausend leichtfüssige Krabben tummeln sich während der Ebbe, einander die Beute abjagend, auf diesem Terrain, während die schönsten Singvögel auf den massiven Kronen der Büsche nisten; dies ist die häufigste Gestalt der Schora.

Seltener, namentlich bei Wadi Lechuma, bildet sie freie Stämme, welche in unbeschreiblicher Mannichfaltigkeit barocker Biegungen und Krümmungen sich aus der Fluth erheben, selbst während der Ebbe noch mehrere Fuss unter dem Wasserspiegel wurzelnd. Graziöse Kronen, von schlanken weisslichen Gabelästen getragen, aber starr und unbeweglich im Winde, werfen dunkele Schatten auf die im Sonnenlicht glänzende Meeresfläche.

Eine dritte Gestalt nimmt die Schora auf weite Strecken in ihren Kolonien zahlloser Schösslinge an, welche den von der Fluth markirten Saum des Gestades bedecken. In gleichen Abständen ragen die senkrecht nur wenige Zoll aus dem Sande sich erhebenden Stummel hervor und erschweren ausserordentlich das Gehen, während zwischen ihnen unzählige Krabben und Taschenkrebse vor den Füssen des Wanderers hin und her laufen.

Unendlich viel reicher ist die Litoralflora der Tropenmeere; die formenreiche Vegetation, welche in diesem beständig warmen und feuchten Klima gedeiht, hat auch eine grössere Anzahl von Vegetationsgruppen in das Litoral entsendet, und diese zeigen die merkwürdigsten Anpassungserscheinungen an die Lebensbedingungen des Meeresgestades.

Wie die Bevölkerung der Küsten[1]) in ihrem ganzen Thun und Treiben, so zeigen sich auch die oft sehr üppigen pflanzlichen Strandgesellschaften der Tropen in mannichfachster Weise vom Meere beherrscht. Einerseits trägt der Bau dieser Gewächse das Gepräge der mit dem Leben auf dem Strande verbundenen Gefahren, in Schutzmitteln der transpirirenden Organe gegen die ungünstige Wirkung der Seesalze, in solchen der ganzen Pflanze gegen Seewind und Wellenschlag, gegen die Bewegungen der Ebbe und Fluth oder des losen Dünensandes; andererseits aber auch ausgiebige Ausnutzung solcher Vortheile, wie sie das Meer ihnen bietet, namentlich der Strömungen, welche ihre Früchte und Samen auf ungeheuere Entfernungen forttragen und welchen so viele Strandpflanzen in erster Linie ihre transozeanischen Areale verdanken.

Die Blattstruktur der Strandpflanzen zeigt Schutzeinrichtungen gegen zu starke Verdunstung wie bei Wüstenpflanzen, die Blätter werden klein und dick.

Während in den aussertropischen kälteren Zonen die Strand-

1) Schimper, Strandflora, S. 6 f.

flora, wie wir oben gesehen haben, eine sehr kärgliche Entwicklung findet, können wir nach SCHIMPER in den Tropen 4 verschiedene Zonen der Küstenvegetation unterscheiden. Vom Lande aus begegnen wir zuerst der Pescapraeformation. Der sandige Boden, welcher sich landeinwärts mancher tropischen Küsten findet, ist bewachsen mit *Ipomoea pescaprae*, dazu kommen *Tamarix gallica, Salicornia, Salsola* und andere Gewächse. Erschwerte Befestigung am losen Substrat, erschwerte Wasserversorgung, Kampf gegen den Seewind oder Benutzung desselben zum Transport der Früchte auf der glatten Sandfläche lassen sich aus den merkwürdigen Gestalten geradezu herauslesen.

An waldbedeckten Küsten dagegen zeigt sich die Nähe des Meeres in dem Auftreten der Barringtoniaformation. Der Salzgehalt des Bodens ruft Schutzmittel gegen Transpiration hervor, die dicken Lianen der Urwälder werden seltener, und die Epiphyten verschwinden immer mehr. Die Früchte und Samen sind selten an Windtransport angepasst, sie sind von einer luftführenden Schale umgeben, welche den Transport durch Meeresströmungen erleichtert, oder von einem fleischigen Mantel, der für die strandbewohnenden Krebse ein willkommenes Nahrungsmittel ist. Einsiedlerkrebse auf Noesa Kambangan leben von den Früchten von *Hernandia peltata* und *Cycas circinalis* und auf den Cocosinseln, wo beerenfressende Vögel fehlen, verbreiten die Krabben die Samen von Bäumen und Sträuchern weit landeinwärts. Die Flora setzt sich zusammen aus *Barringtonia speciosa, Pandanus, Casuarina* und vielen anderen Bäumen und Sträuchern. Haben wir das dichte Geflecht von Zweigen des Barringtoniasaumes durchbrochen und sind in das Innere der Waldpartie eingedrungen, so sehen wir auf dem sandigen oder steinigen, nur von spärlichen todten Blättern bedeckten Boden, sich nackte Stämme erheben, die vielfach durch dünne Schlingpflanzen verbunden werden, jedoch sehr selten Schmarotzer tragen. Stehen die Bäume weniger dicht, so sind die Zwischenräume von einem struppigen Unterholz eingenommen. In Birma werfen die Bäume der Barringtoniaflora während der trockenen Jahreszeit ihr Laub ab.

Die weniger salzigen Lagunen und Sümpfe in der Nähe des Meeres, die nur von den höchsten Fluthen erreicht werden, und die Ufer der tropischen Flüsse in grösserer Entfernung von ihrer Mündung, wo das Wasser nur schwach salzig ist, werden von einer Uebergangsflora bewohnt, welche nach der Palme *Nipa fructicans* als Nipaformation bezeichnet wird. Zwischen den dichten Palmengebüschen findet sich ein Farn: *Chrysodium aureum.* Von anderen Bewohnern dieser Region seien: *Avicennia, Terminalia, Pandanus* und *Phönix* genannt.

Viel verbreiteter und wegen ihrer eigenthümlichen Pflanzenformen charakteristischer ist die Mangroveformation oder der Gezeitenwald. An allen feuchten, tropischen Küsten ist in Buchten und Flussmündungen, wo die Brandung schwächer ist, selten an offenen Stellen, der Strand von einem Gebüschgürtel umsäumt, welcher als die Mangrove bezeichnet wird. Etwa 15 verschiedene Gattungen betheiligen sich an ihrer Zusammensetzung, welche meist sehr charakteristische Anpassungen an ihren Standort aufweisen.

Bei Fluth scheint die Mangrove als eine zusammenhängende hellgrüne Laubkrone direkt auf dem Meeresspiegel zu schwimmen. Bei Ebbe sieht man ein dicht verschlungenes Flechtwerk stelzenartiger Wurzeln und Stämme, auf denen die Blätterkrone aufsitzt. Die Breite des Mangrovesaumes ist sehr wechselnd, beträgt aber bisweilen mehrere Kilometer.

Die wichtigsten Pflanzen der Mangrove sind: *Rhizophora, Brugiera, Sonneratia, Avicennia* u. A. Zur Ebbezeit sieht man im Innern der Mangrove eine dunkelgraue bis blauschwarze Schlammfläche, in welcher grössere oder kleinere Tümpel noch mit Wasser gefüllt sind. Die Luftwurzeln und Stämme sind ohne pflanzliche Schmarotzer, dagegen leben viele Thiere auf ihnen, Cirripedien und Austern bedecken sie in dichten Krusten, die für die Mangrove charakteristische *Neritina* kriecht auf Aesten und Blättern umher, und ungemein bissige Ameisen bauen aus lebenden Blättern ihre faust- bis kopfgrossen Nester. Der Schlammboden ist bewohnt von metallischblauen Krabben, zahllosen *Periophthalmus,* welche mit ihren Vorderflossen dahinspazierend, eine zierliche Spur hinterlassen, Schmetterlinge fehlen nicht, auch grosse Meeresvögel sind gelegentlich zu sehen, obwohl sie hier nicht nisten. Krokodile und Tiger sind im Gangesdelta häufig. Die Stille wird nur durch das Platzen der grossen Gasblasen unterbrochen, welche aus dem verwesenden Schlamme aufsteigen.

In der Mangrove der Congomündung[1]) lebt *Gelasimus perlatus, Balanus amphitrite, Teredo senegalensis,* bei Porto da Lenha *Galatea radiata* und *Ampullaria guinacea,* welche mit treibendem Schilf oft weit ins Meer verschleppt werden.

An der Küste von Panama[2]) leben in der Mangrove: *Potamides Arca, Cyrena, Potamomya, Auricula, Purpura,* während *Litorina* bis hoch in die Blätter der Bäume hinaufklettert.

Während die bisher besprochenen Pflanzen zwar viele Anpassungen an die Nähe des Meeres erkennen lassen, dabei aber doch echte Landpflanzen geblieben sind, so dass selbst die amphibischen Mangroven nicht völlig untergetaucht wachsen, so sind 8 Phanerogamengattungen echte Meeresbewohner geworden und als Seegräser[3]) wohlbekannt. Aus der Familie der Hydrocharitaceen sind es die Gattungen *Enhalus* und *Thalassia,* von den Potameen die Gattungen *Cymodocea, Halodule, Zostera, Phyllospadix, Posidonia* und *Halophila.* Alle besitzen schmale grasähnliche ungestielte Blätter (bei *Cymodocea* kommen binsenförmige, bei *Halophila* rundliche Blätter vor) welche auf einem kriechenden Wurzelstock büschelweise angeordnet sind. Die Seegräser finden sich von 70° N. Br. bis 60° S. Br., bewohnen aber ausschliesslich die flachen Meeresgebiete nahe der Küste. Sie lieben sandigen oder schlammigen Grund und bevorzugen in den Tropen den feinen Sand der Korallenriffe. Nur *Posidonia oceanica* findet man auch auf Felsen angewachsen. Manche lieben die geschützten Buchten des Strandes und dringen weit in den Unterlauf der Flüsse ein, jedoch können sie in reinem Süsswasser nicht leben.

1) Gazellenexpedition Bd. III, S. 39.
2) P. Fischer, Conchiliologie I, S. 167.
3) Ascherson, Petermann's Mitth. Bd. 17, S. 241, Taf. XIII.

Im Kieler Hafen reicht die Region von *Zostera marina* nur bis 11 m, dann beginnt der schlammige Boden, auf welchem keine Seegräser gedeihen. Im Wattenmeere, in der Zuidersee, in den Lagunen von Venedig sind die bei Ebbe halbtrockenen Gebiete mit dichten Rasen von Seegras bedeckt.

Posidonia oceanica wurde noch in 65 m Tiefe gefunden. Die Samen der Seegräser keimen so rasch, dass sie einen langen Transport im offenen Meere nicht ertragen. Infolgedessen ist die Verbreitung der Seegräser auf die ununterbrochene Linie der Küsten beschränkt und mit wenigen Ausnahmen überschreitet keine Art die Fläche eines breiteren Ozeans.

Aus der Thatsache, dass die Seegräser in Süsswasser nicht leben können, darf man vielleicht den Schluss ziehen, dass sie direkt aus landbewohnenden Pflanzen entstanden und vom Lande her ins Meer eingewandert sind. Jedenfalls sind sie nicht als umgewandelte Meeresalgen zu betrachten, da sie in ihrer Organisation ganz den Charakter der Rückbildung aus landbewohnenden Pflanzen tragen.

Den bisher besprochenen Landpflanzen, welche auf der Einwanderung in das Meer begriffen, das Litoral bewohnen, stehen eine, wenn auch sehr geringe Zahl von Meerespflanzen gegenüber, welche vom Ozean aus gegen das Land vordringen. Es ist begreiflich, dass die Meeresalgen ohne Spaltöffnungen und ohne Cutikulargebilde nicht recht geeignet sind, vom Wasser auf das Land vorzudringen, und so verstehen wir leicht, dass nur wenige Formen den Versuch gemacht haben. Das Zurücktreten[1]) des eigentlichen Elementes der marinen Gewächse an der Niveaugrenze des Meeres bewirkt allerdings kein plötzliches Verschwinden derselben, vielmehr ist noch ziemlich weit über die Ebbegrenze hinaus das anstehende Gestein der Küste im Golfe von Neapel den grössten Theil des Jahres mit einer dichten Algendecke versehen, welche oberhalb der Fluthgrenze spärlicher wird und zuletzt ganz verschwindet. Erst nach einem breiten, vollkommen vegetationslosen Gürtel schliessen sich hieran dann die ersten spärlichen Bestandtheile der Landflora an.

Dieser oberhalb der Ebbegrenze in der Schorre auftretende Vegetationsgürtel besteht der grossen Mehrzahl nach aus Arten, welche für diese Standorte charakteristisch sind, die entweder nur hier vorkommen, oder doch, wenn sie in das Meer hinabtauchen, nur eine kümmerliche Ausbildung zeigen. Mit ihrer Basis etwas unter dem Wasserspiegel an den Felsen befestigt, flottiren die Algen im Wasser, heben und senken sich mit jeder Welle.

Der „supralitorale" Pflanzengürtel geht an Stellen mit spritzender Brandung mehrere Meter über die Fluthgrenze hinauf. *Bangia, Porphyra, Nemalion* halten ein mehrstündiges Trockenliegen zur Sommerszeit ohne Schaden aus. An vollständig brandungslosen Buchten fehlt die Algenvegetation über der Fluthgrenze.

Die meisten Formen sind niedrig und wachsen in dichten Rasen, so dass sie sich durch das capillar zurückgehaltene Wasser bei Ebbe vor Verdunstung schützen. *Callithamnium granulatum* saugt sich wie ein Schwamm voll Wasser und verhindert dadurch das Austrocknen.

1) Berthold, Mitth. Zool. Station Neapel 1882, S. 404.

Bangia, Nemalion, Gelidium crinale, Polysiphonia obscura, P. sertularioides, Laurencia papillosa, Bryopsis muscosa, Sphacelaria tribuloides, Cladophora, Aegagropila, bevorzugen die zeitweise trocken liegenden Standorte so, dass man sie sehr selten ganz unter Wasser beobachtet.

Auch an unseren nordischen Küsten leben manche Tange nur im Gebiet der Schorre. *Fucus vesiculosus* bildet um die Küsten von Helgoland einen dichten Gürtel, welcher bei Ebbe vollkommen ausser Wasser liegt; dann hängen die Tangbüschel wie Fransen an einem Kleid eng aneinander gedrängt vom Felsen herab. Eine schleimige Sekretion schützt die Oberfläche der Algen vor Austrocknung, und eine nicht uninteressante Fauna kleiner Schnecken, Würmer, Echinodermen und Bryozoen bedeckt der Tangenmantel, bis die wiederkehrende Fluth ihr neues Wasser zuführt.

---

11. Die Litoralfauna.

In der gleichen Weise, wie wir es im vorigen Abschnitt von den litoralen Pflanzen geschildert haben, wandert auch die festländische Thierwelt in mehreren Typen nach dem Ozean und passt sich so sehr an das Wasserleben an, dass wir in der litoralen Fauna eine Anzahl charakteristischer anatomischer Eigenthümlichkeiten entstehen sehen; andere Formen sind als Nekton bis in das offene Meer hineingedrungen, und ihr morphologischer Bau weicht noch mehr von dem ihrer festländischen Stammformen ab.

Die Sirenen, Robben und Walrosse sind zwar Festlandsthiere, allein sie können nur am Wasser leben. Zwischen den Korallenriffen des Rothen Meeres, an den Küsten des Indik lebt der Dugong *Halicore*, indem er Seegräser abweidet. An den nordischen Küsten finden wir Schaaren von Robben, deren Schwimmfüsse sie sehr geeignet machen, um unter Wasser ihre aus Fischen bestehende Beute zu ergreifen. Die nahe verwandten Walrosse (*Trichechus*) wühlen mit ihren langen säbelartigen oberen Eckzähnen den Sand des Meeresbodens nach *Mya arenaria* durch, und zerbrechen mit ihren breiten Mahlzähnen die Muscheln. Delphine und Wale sind vom Litoral ins offene Meer gewandert und bewohnen vielfach so ausschliesslich die Hochsee, dass uns das Auftreten von *Inia* im Amazonenstrom, von *Platanista* im Ganges und von *Sotalia Teussii* in afrikanischen Flüssen wunderbar erscheint, während das Vorkommen dieser Säugethiere im offenen Meer, obwohl es so merkwürdig ist, doch als eine selbstverständliche Erscheinung betrachtet wird.

Auch aus der Klasse der Vögel sehen wir eine Anzahl von Gattungen auf dem Wege, Meeresthiere zu werden und als solche das Litoral oder die Hochsee zu bewohnen. Die Lummen an den nordischen Küsten, die Pinguine im Gebiet des südlichen Eismeeres haben das Flugvermögen gegen das Schwimmen und Tauchen vollständig ausgetauscht und bevölkern in ungeheuren Schaaren die Klippen der Felsengestade, während die Möven, Albatrosse, Seeschwalben u. s. w. ihre Nahrung im schnellen Flug auf offener See erhaschen oder auf dem Wasser ruhen, und nur zum Brutgeschäft einsame Inseln und felsige Küsten aufsuchen wo sie mit den vorigen auch als Guanobildner eine geologische Rolle spielen.

Von Reptilien finden wir mehrere Gattungen von Schlangen nur im Meere, wo sie oft fern von der Küste an der Wasseroberfläche

träge dahinschwimmen, oder auf Korallenriffen, wo sie den Muränen gleich in Spalten versteckt, durch ihren giftigen Biss gefährlich sind.

Eine Anzahl Schildkröten sind Bewohner der hohen See und kehren in Schaaren ans Land, wenn sie ihre Eier ablegen wollen. Der starke Panzer schützt sie nicht vor den Angriffen ihrer Feinde, denn im Magen eines 242 cm langen Haies fand man eine 34 cm lange und 24 cm breite Seeschildkröte[1]).

Die Eidechse *Amblyrhynchus* lebt marin und auch manche Krokodile sind gegen Seewasser unempfindlich und werden in den litoralen Fluthen gefunden.

Amphibien sind dem Meere vollständig fremd, und wir haben Grund zu der Annahme, dass es auch nie in der Vorzeit marine Amphibien gegeben habe.

Aus der Gruppe der Insekten sind die beiden Hemipteren[2]) *Halobates* und *Halobatodes* Bewohner des offenen Meeres geworden, und eine Spinne wird auf Korallenriffen gefunden. So sehen wir eine ganze Anzahl von höheren Thieren, deren Stammeltern zweifellos dem Geobios angehörten, als eingewanderte Fremdlinge im Meer; und manche derselben nehmen einen grossen Antheil an der Zusammensetzung der Litoralfauna.

Dagegen sind gewisse Meeresthiere auf der Wanderung vom Meer nach dem Festland begriffen. Wenn wir hier einmal absehen von den Fischen, welche durch die natürlichen Wanderwege der Flüsse bis in das Herz der Kontinente gelangen, und nur diejenigen Formen berücksichtigen, welche direkt durch die Schorre in das Litoralgebiet hineindringen, so finden wir von Wirbelthieren nur einige Fische. *Periophthalmus* und *Bolcophthalmus*[3]) hüpfen mit Hilfe ihrer beineartigen Brustflossen zu Tausenden am Strande umher, wo sie nach Schnecken *(Onchidium)* und Insekten jagen. Im Gangesdelta kann man oft den ganzen Strand mit den zierlichen Laufspuren dieser Fische bedeckt sehen. Sie sind ungemein schwer zu fangen und hüpfen selbst eine Strecke über die Wasseroberfläche hinweg, ehe sie untertauchen.

Die Labyrinthfische unternehmen grosse Wanderungen auf das Festland, und *Anabas scandens* soll sogar Palmen erklettern können.

Aus der Klasse der Krebse leben *Birgus latro, Gecarcinus rusticola, Grabsus, Sesarma* in den Tropen, fern von allem fliessenden oder stehenden Wasser, in feuchten Wäldern[4]), unter Steinen und vermodernden Bäumen und sind selbst im Stande, sich stundenlang der Sonne auszusetzen. Obwohl sie Kiemen besitzen, so sind dieselben doch klein, und nach dem Urtheil SEMPER's athmen sie direkt die atmosphärische Luft ein.

Auch Mollusken wie: *Ampullaria, Neritina, Purpura, Litorina, Patella, Chiton* u. A. sind im Stande, lange Zeit ausser Wasser zu leben und einige *Neritinen* der Philippinen und Palauinseln leben beständig auf dem Land und gehen wahrscheinlich nur dann ins Wasser, wenn sie ihre Eier ablegen wollen.

---

1) Gazelle I, S. 257.
2) CHALLENGER, Report. Zool. Vol. VII.
3) SEMPER, Existenzbedingungen I, S. 231.
4) v. KENNEL, Arbeiten d. Zool. Inst. Würzburg VI S. 9.

So ist das Litoralgebiet auch für die Faunen des Landes und des Meeres eine vermittelnde Zone, und die Litoralfauna setzt sich zusammen aus Formen, welche vom Land nach dem Meere vordringen, und aus solchen Vertretern des Halobios, welche ihr flüssiges Element mit dem trockenen Lande zu tauschen sich anschicken.

Mit Rücksicht auf die periodischen Aenderungen des Wasserspiegels müssen wir 3 bestimmte Grenzlinien im Litoralgebiet unterscheiden: Die Ebbelinie, die Fluthlinie und die Brandungsgrenze.

Die Ebbelinie bezeichnet den tiefsten Stand der Gezeiten und ist diejenige Grenze, unterhalb derer der Wasserspiegel niemals sinkt.

Die Fluthlinie markirt den höchsten Stand der Gezeiten und begrenzt mit der Ebbelinie die Schorre.

Die Brandungsgrenze ist diejenige Zone, bis zu welcher bei bewegtem Meere die Spritzwasser der Brandung reichen. Viele Thiere der Schorre überschreiten niemals die Fluthlinie, andere sind geeignet, auch über die Brandungsgrenze hinauszudringen.

Man pflegt das Gestade des Meeres nach der Neigung der Küste und nach dem geographischen Bodenrelief in mehrere Typen einzutheilen [1]).

Die „Steilküste“ besteht aus Felsabstürzen, welche sich in die Tiefe des Meeres hinabsenken, ohne dass die Berührungslinie mit der Meeresoberfläche durch eine wesentliche Aenderung in der Form bezeichnet ist. Die „Strandküste mit Steilrand“ ist diejenige Küstenform, welche aus einer, von der Fluthwelle erreichten und auf einen Strand abfallenden Felswand gebildet wird. Die „Strandküste mit zurückliegendem Steilrand“ unterscheidet sich von der vorhergehenden Form dadurch, dass der höchste Meeresstand auch bei Sturmwellen, nicht bis zum Steilrand heranreicht, sondern durch eine, dem Charakter des Strandes entsprechende Zone flachen Landes von ihm getrennt bleibt. Die „Flachlandküste“ ist ein, bis zu einem gewissen Niveau vom Meere bedecktes Flachland; Lagunenküsten, Dünenküsten und umwallte Flachküsten sind besondere Modifikationen derselben.

Vom bionomischen Standpunkt müssen wir aber die Küstentypen nach anderen Charakteren gliedern. Nirgends spielt die Facies des Meeresbodens eine für die Organismenwelt so bedeutungsvolle Rolle als im Litoralgebiet, infolgedessen unterscheiden wir folgende fünf Küstentypen: Felsenstrand, Blockstrand, Kiesstrand, Sandstrand und Schlammstrand, und werden die Fauna derselben voneinander gesondert behandeln.

Der Felsenstrand besteht aus Felsen und Klippen, welche von der Brandung angefressen und angegriffen, mit einer Anzahl von Rauhigkeiten und Vorsprüngen, Höhlen und Vertiefungen bedeckt sind. So wechseln hier glatte Flächen und rauhe Klippen, Löcher und Spalten, ruhige Wassertümpel und exponirte Nadeln miteinander ab. An der einen Stelle brennt die Sonne mit ungeschwächter Gluth auf die Felsen, während dicht daneben in einer tiefen Spalte selbst bei Ebbe feuchte Luft und Schatten zu finden ist. Ueberall vermag die litorale Pflanzenwelt sich anzuheften, überall können festsitzende Thiere eine geeignete Unterlage finden und Bohrmuscheln sich in die Felsen

1) v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, S. 295.

eingraben. So ist der Felsenstrand für eine reiche Entwicklung der litoralen Flora und Fauna äusserst günstig, und je zackiger und rauher der Felsen ist, desto reicher ist die darauf wohnende Organismenwelt. Hier leben die litoralen Wirbelthiere, die Robben und Seevögel in ungezählten Schaaren, hier ist das Reich der Strandfauna niederer Thiere.

In St. Malo[1]), wo der Unterschied zwischen der höchsten Fluth und der tiefsten Ebbe in senkrechter Richtung etwa 12 m beträgt, hält es leicht, sich einen Ueberblick über die Litoralzonen zu verschaffen. Die äusserste Höhengrenze der Fluth wird von unzähligen *Balanus* bezeichnet, welche dicht aneinandergereiht, die Felsen bedecken. Die grössten sind 1 cm gross, gegen die obere Grenze hin werden sie kleiner. Während der ganzen Ebbe schliesst das Thier die Schale hermetisch zu und öffnet sie erst dann, wenn das Wasser darüber hinrauscht. Selbst an Stellen, die nur dreimal im Jahre während weniger Stunden von der Springfluth erreicht werden, findet man noch lebende Thiere.

In der unteren Region der *Balanus* sieht man hier und da kleine Tümpel, welche bei Ebbe mit Wasser gefüllt bleiben, dort findet man Hunderte von *Litorina* und *Auricula*, dann Actinien und Haufen von *Mytilus*, mit ihrem Byssus an die Felsen geheftet.

Etwa an der Grenze des mittleren Wasserstandes zieht sich die Zone des Tanges hin, in der sich die Thierwelt ausserordentlich vervielfältigt. Hier giebt es Polypen, *Sertularia*, viele Schnecken wie *Turbo*, *Purpura*, *Litorina*, *Patella*. In kleinen Tümpeln zwischen dem Tang findet man Naktschnecken, die räuberische *Eolis*, welche Aktinien frisst, *Doris*, dann auf *Ulva crispa* eine Menge von *Actaeon*. Die Feinde der Schnecken sind Garnelen und Krabben. Wesentlich ärmer als Granit sind Kalk oder Kreidefelsen, denn an der Küste von Nizza sieht man keine Spur jener üppigen Tangwiesen und keine *Balanus*.

An den Sandsteinfelsen von San Pedro in Südkalifornien ist die Litoralfauna überaus reich. Das steile Ufer ist bedeckt mit *Balanus*, dazwischen sitzen *Chiton* und *Patella* in Menge fest auf dem Felsen angeheftet, und warten unbeweglich bis die Nacht hereinbricht und sie mit wiederkehrender Fluth ihre Wanderungen antreten können.

Eingebohrt in den Felsen finden wir *Pholas*, *Lithodomus*, *Saxicava*, und oft ist der Felsen durchlöchert wie eine Bienenwabe.

Rundliche Tümpel im Ebbeniveau sitzen voll Seeigel, welche sich Löcher gebohrt haben, aus denen man sie selbst mit dem Meissel nur schwer lösen kann, so dass sie im Stande sind, selbst der heftigsten Brandung Widerstand zu leisten.

Eine Schaar behender Krabben spazirt auf dem Felsen umher und laufen bald seitwärts bald rückwärts, oder fliehen eiligst in eine Felsenspalte.

Reicher noch als die Aussenfläche der Felsen ist die Fauna der engen Ritzen, Spalten und der höhlenartigen Vertiefungen im Gestein, daher ist auch eine Küste, welche aus gefalteten Schiefern besteht, für das Thierleben überaus günstig. Die meisten Meeresthiere suchen

1) Carl Vogt, Ozean und Mittelmeer, S. 87, 251.

den Schatten auf und vermeiden das grelle Tageslicht. Nachts kriechen sie räuberisch umher, am Tage aber verbergen sie sich in engen Spalten oder auf der Unterseite von Steinen. Bei dem Felsenstrand könnte man auch die Litoralfauna der Korallenriffe beschreiben, doch soll diese in einem späteren Abschnitt behandelt werden. Erwähnen müssen wir hier, dass an den felsigen Küsten der Polarmeere eine eigentliche Litoralfauna fehlt, denn das an der Küste treibende Eis, die sich in jedem Winter ansetzenden Packeisfelder, reiben so beständig am Ufer, dass im Gebiet der Schorre das Thierleben vollkommen fehlt oder nur durch bewegliche Thiere vertreten wird. Da aber die Eisverhältnisse durch Meeresströmungen bedeutend modifizirt werden, so richtet sich das Fehlen der Litoralfauna nicht so sehr nach den Breitengraden als nach den Isothermen des Meeres.

Obwohl die meisten Felsenküsten von einem Saume grober Blöcke umgeben sind, und also beide Typen der Strandentwicklung hier miteinander verknüpft sind, so müssen wir doch den Blockstrand von jenem trennen, denn er beherbergt eine ganz andere Fauna. Wenn die Blöcke schwer genug sind, dass sie nicht von jeder Welle bewegt werden können, so bieten sie ungemein günstige Bedingungen für eine grosse Menge von Thieren; und der Eintönigkeit der Felsenfauna gegenüber ist die unter Blöcken lebende Fauna eine überans reiche. Zuerst werden die Blöcke von allen jenen festsitzenden oder bohrenden Thieren bewohnt, welche wir am Felsenstrand gefunden haben; aber während dort nur in engen Spalten jene Dämmerung herrscht, welche den meisten Seethieren behagt, ist hier die Unterseite jedes Blockes beschattet und bietet kleineren Thieren einen sicheren Schlupfwinkel. Indem wir die einzelnen Blöcke umwälzen, bemerken wir bald, welche Zahl von Spongien, Aktinien und Ascidien auf ihrer Unterseite angeheftet sind. Seesterne und Schlangensterne liegen am Boden, kleine Fische huschen eiligst davon, Einsiedlerkrebse spazieren mit ihrem Schneckenhaus umher, und die meisten Schnecken findet man unter grösseren Steinen. *Haliotis* und *Cypraea*, *Turbo* und *Trochus*, und wie sie alle heisen, sind mit ihrem fleischigen Fuss an solche Felsblöcke angeheftet, Bryozoenrinden bedecken sie, Würmer und kleinere Krebschen leben hier mit Vorliebe, Seeigel und Holothurien finden hier geschützte Schlupfwinkel. *Ostrea, Chama, Anomia* sitzen in dichtgedrängten Schaaren an den Blöcken, *Serpula* überspinnt sie mit ihren kalkigen Röhren, nnd Algen bilden ganze Ueberzüge darauf. Nirgends wird man mit mehr Erfolg Meeresthiere sammeln können, als wenn man auf einem Korallenriff todte oder lebende Korallenstöcke und Kalkblöcke umdreht und ihre Unterseite, ihre Spalten und Höhlungen mustert.

Die losen Steine[1]) an der Küste der Normandie sind auf ihrer Oberfläche mit *Balanus* bedeckt, während unten, wo sie im Wasser stehen, sich eine Unzahl festsitzender Meeresthiere angesiedelt hat. Es ist unmöglich, eine reichere Farbenpracht, eine grössere Mannich-

---

1) C. Vogt, Ozean nnd Mittelmeer, S. 43.
Viele Angaben wurden anch entnommen aus:
Gosse, The Devonshire Coast. London 1853.
Gosse, Ternby. A Sea side Holiday. London 1856.

faltigkeit von Formen und Gestalten aller Art zu erfinden, als die Unterflächen solcher Steine darbieten. Ganz ähnlich wie der Felsenstrand ist auch der mit diesem oft verknüpfte Blockstrand mit einer reichen Tang- und Algenflora bedeckt, und alle die Existenzbedingungen, welche diese Vegetation der litoralen Thierwelt bietet, ist infolgedessen auch an den mit groben Felsblöcken bedeckten Strand geknüpft.

Die ungünstigsten Bedingungen für die Litoralfauna bietet der Kiesstrand. Hier ist das Ufer mit Geröllen bedeckt, welche so klein sind, dass sie durch jede Welle verschoben werden; und indem die runden Kiesel beständig gerollt, gerieben und durcheinandergeworfen werden, wird jede Thierlarve, jeder Algenkeimling sofort zerstört, wenn er sich hier niederlassen will. Durch diese beständig thätige Reibemaschine werden selbst die mit kalkigen Schalen versehenen Thiere, welche an den Strand getrieben wurden, rasch angefressen und so wird man zwischen den Rollsteinen kaum eine unverletzte Muschelschale zu finden erwarten können.

Um so geeigneter ist der Sandstrand für das Thierleben. Zwar bietet hier der Boden den grösseren Algen und Tangen keinen Halt, nur Algen und Seegräser, welche statt der Haftscheibe einen vielverzweigten Wurzelschopf besitzen, können sich im Sande verankern. Aber da gerade solche Formen rasenbildend auftreten, so schützen sie sich gegenseitig und bieten einer herbivoren Fauna niederer Thiere einen willkommenen Schutz gegen die Wasserbewegung.

Freilich, wenn wir an einer sandbedeckten Flachküste dahinwandern, so erscheint sie uns ziemlich leblos, und selbst in dem Litoral der Tropen finden wir mehr todte als lebende Wesen; und nur die Todtengräber des Strandes, die Einsiedlerkrebse und Krabben, gehen spähend umher und sammeln sich an jeder Thierleiche, welche der Sturm ans Land geworfen hatte. Hier sehen wir durcheinandergemengt die Muschelschalen, Schneckengehäuse, Echinodermenpanzer des Benthos mit den Resten nektonischer Fische und den Gallertscheiben planktonischer Medusen. Das planktonische *Sargassum* und entrindete Treibholzstämme liegen zwischen litoralen Seegräsern, Tangbüscheln nnd gebleichten Kalkalgenknollen. Kurzum, hier ist ein wahres Museum der verschiedenartigsten halobiotischen Organismen aufgehäuft.

An einer flachen, Stürmen ausgesetzten Meeresküste [1]) kann man längs des Ufers zwei Anhäufungen von ausgeworfenen Conchilien, Tang und Plankton beobachten. Zuerst im Durchschnittsniveau des Meeresspiegels den Strandwall. Das stete Spiel der Wellen bewegt die ausgespülten Reste von Muscheln, Schnecken, Pflanzen und Steinen rhytmisch auf und ab, rollt und schleift an allen und zerstört leicht die Verzierungen der Schale.

Landeinwärts zieht sich parallel mit dem Strandwall häufig noch ein zweiter Streifen ausgeworfener Meeresreste, welcher dem sogenannten „Winterstrand" an unseren norddeutschen Küsten entspricht, und den wir als Sturmwall bezeichnen wollen. Dieser Sturmwall entsteht durch die gesteigerte Thätigkeit der sturmbewegten Wogen. Bei

1) J. Walther, Korallenriffe der Sinaihalbinsel 1888, S. 33.

Sturm werden viel mehr Thiere und Pflanzen selbst in grösserer Tiefe erfasst und an den Strand geworfen. Das erregte Meer wirft sie in ein viel höheres Niveau, und wenn sich der Sturm gelegt hat, berührt die Durchschnittswelle nie den Sturmwall wieder.

An dem westlichen Theil[1]) der deutschen Küsten ist die Dünenbildung gering; ein niedriger „Strandwall" oder „Haffstock", ausgeworfen von der Brandung, pflegt das Ufer zu begleiten. Die See hat diese Arbeit mit so grosser Regelmässigkeit gethan, dass das Volk den „Heiligen Damm" bei Dobberan als das Werk eines Heiligen betrachtet.

Wenn wir bei beginnender Ebbe nach dem Strande des Rothen Meeres hinauswandern[2]), können wir die Fauna des Sandstrandes in reichster Entwicklung beobachten. Nachdem wir eine thonige Ebene, bewachsen mit spärlichen Wüstenpflanzen, überschritten haben, sehen wir ein System gelber Dünen vor uns. Sie kehren ihre mit buschigen Pflanzen bedeckte Nordwestseite dem hier herrschenden Winde zu, während ihre Südostseite aus reinem lockeren Sande besteht. Im Juli sammeln sich Tausende von Seevögeln (*Sterna affinis*), um zu brüten. In dichten Schaaren sitzen sie auf ihren Eiern, und wenn sich der brütende Vogel vom Neste ängstlich erhebt, dann stürzt sich eine grössere Art von *Sterna* über das Ei, um es als Beute davonzutragen.

Auch gehen hier während des Sommers viele Schildkröten ans Land, um im weichen Ufersande ihre Eier zu vergraben. Zahlreiche Fussspuren dieser Thiere leiten bis zum Nest, das aus einer einfachen Sandgrube besteht.

Spuren von Schakalen und Hyänen zeigen sich hin und wieder, und der Sand ist bedeckt mit den Fusseindrücken der zahllosen Vögel, welche hier nisten.

Wir nähern uns dem Meere und sehen unzählige Krabben und Einsiedlerkrebse umherspazieren. Sie sind meist nächtliche Thiere, welche jeden Leichnam eines Meeresthieres, den die Wellen ans Ufer spülen, mit unglaublicher Geschwindigkeit skelettiren oder nach ihren Schlupfwinkeln schleppen, um ihn dort zu vergraben.

Medusen liegen in solchen Mengen am Strand, dass man oft mit jedem Tritt mehrere berührt.

Im Mai 1888 beobachtete ich[3]) am Strand des Rothen Meeres grosse Mengen von *Aurelia*, welche durch einen Sturm auf das sandige Ufer geworfen worden waren. Die intensive Wüstensonne hatte rasch den von der Hochfluth bespülten Küstensaum getrocknet und die Gallertmasse der Medusen in ein dünnes durchsichtiges Häutchen verwandelt, welches die von dem jetzt vertrockneten Medusenkörper abgegossene Form in allen ihren Feinheiten überzog. Tausende kleiner Einsiedlerkrebse waren dem Meere entstiegen und verzehrten alle die Medusenreste, welche noch nicht ganz eingetrocknet waren.

Am Sturmwall sehen wir ein wahres Museum von Korallen und

---

1) Baensch, Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1875. s. Suess, Antlitz der Erde II, S. 546.

2) Mit Benutzung von Schweinfurth, Zeitschrift f. Allg. Erdkunde 1865, S. 131—384.

3) J. Walther, Die Denudation in der Wüste S. 182.

Spongien, *Murex, Fusus, Cypraea, Strombus, Cerithium, Bulla, Turbo, Patella, Fissurella,* dann *Ostrea, Anomia, Avicula, Chama, Mytilus, Tellina, Solen, Mactra, Nucula, Venus, Tapes* u. a. Muscheln liegen in tadellosen, wenn auch gebleichten farblosen Exemplaren zu Dutzenden umher. Wir kommen über eine gelbe Sandebene, welche eben noch überfluthet war und von der das Wasser in kleinen rieselnden Rinnsalen dem Meere zuläuft. Hunderte kleiner und grosser Krabben laufen eilig umher und suchen die kleineren Thiere, welche hülflos vom Wasser verlassen werden, zu fangen. Weisse Streifen von Foraminiferen bilden schön geschwungene Bogen und bieten einen unglaublichen Formenreichthum dar.

Andere Thiere scheinen auf dem Sandstrand zu fehlen, und doch entdeckt das geübte Auge ihre Spur. Ueberall zeigen sich kleine Löcher im Sande [1]), aus denen bei unserer Annäherung helles Wasser hervorzuquellen scheint. Es sind die Höhlen von Kiemenwürmern, welche zu Hunderten im Sande wohnen. Ihr Darm ist so mit Sand erfüllt, dass das hintere Ende des Wurmes meist abreisst, sobald man ihn am Vorderende in die Höhe hebt.

Mitten unter den Anneliden findet man im Sand eingegraben viele Muscheln, die ihre langen Athemröhren bis an die Oberfläche des Sandes heraufstrecken. Alle Siphonaten wohnen im Schlamm oder Sande vergraben und stecken oft mehrere Fuss tief, so dass man ihre Anwesenheit nur an kleinen Löchern bemerkt, welche von den mit Fransen umgebenen Siphonen gebildet werden.

Mit einem Spaten [2]) kann man an sandigen Ufern leicht *Solen, Lutraria, Cardium, Venus* aus dem tiefen Sediment herausheben. Auch *Lucina, Pleurotoma, Bulla* kann man auf diese Weise gewinnen.

Viele Echinodermen, von Seesternen bis zu den Holothurien, leben im Sande und selbst manche Fische, wie Rochen, *Platessa, Pleuronectes, Uranoscopus* ziehen sandigen Boden vor.

Jene Fülle von Fusseindrücken festländischer und mariner Thiere, wie sie Lyell [3]), Nathorst [4]) und Bornemann [5]) beschrieben haben, bedecken das Sandgebiet von den wasserbedeckten Gebieten unter der Ebbelinie bis weit hinaus über die Brandungsgrenze.

Das Gebiet der Schorre ist meinen Erfahrungen nach für die definitive Erhaltung solcher Fussspuren sehr ungünstig. Wenn man auf einem flachen Sandstrande dahinwandert und seine Schritte innerhalb einer Zone macht, welche nur wenige Centimeter über dem Wasserspiegel liegt, so wird man oft beobachten können, dass das im Sand enthaltene Grundwasser in dem Fusseindruck empordringt und die Schärfe der Skulptur rasch verwischt. Noch ungünstiger wird es aber, wenn die herantretende Fluth über die Schorre hinwegspült. Die oszillirende Wasserbewegung gleicht binnen kurzem alle Fusseindrücke wieder aus.

---

1) C. Vogt, Ozean und Mittelmeer S. 38.
2) P. Fischer, Manuel de Conchiliologie S. 304.
3) Lyell, Quat Journal Geol. Soc. 1851, S. 239.
4) Nathorst, S. V. Acad. Handl. 18, Nr. 7, 19, Nr. 1.
5) Bornemann, Buntsandstein in Deutschland. Jena 1889, S. 23.

Besser erhalten sich die Spuren unterhalb der Ebbelinie, sofern nicht durch die Wellenbewegung der Boden in Mitleidenschaft gezogen wird. Wenn man bei glatter kaum bewegter See vom Boot aus die Rippelmarken betrachtet, welche senkrecht zur Wellenbewegung den Meeresboden bedecken, so wird man leicht beobachten, dass jede, selbst eine kleine Welle, die Sandkörner auf dem Kamme der Rippelmarken aufwirbelt. Verändert sich aber die Richtung der Wellen gegen das Ufer, so verändert sich auch sogleich die gerippte Skulptur des Grundes, indem sich alle Rippelmarken nach der Richtung der Wellen verschieben. Es können also Relieferscheinungen am Meeresgrunde, selbt wenn sie mit aller Schärfe ausgeprägt worden sind, nur in absolut ruhigen Wasserbecken erhalten bleiben, und derartige Bedingungen wird man selbst in tiefen Meeresbuchten selten finden. Wesentlich günstiger für die Erhaltung von Spuren im Sand sind die oberhalb der Fluthlinie gelegenen Gestadezonen, wie Solches im dritten Theil geschildert werden wird.

Der Schlammstrand ist selten, denn durch die beständige Wasserbewegung des Meeresspiegels wird das Sediment im Schorrengebiet unaufhörlich geschlämmt. Die trübenden Schlammtheilchen werden durch das Meer entführt und kommen erst in grösseren Tiefen zum Absatz, während der gröbere Sand allein zurückbleibt. So finden wir Schlammstrand nur im Delta grosser Flüsse, in der Mangrove, in geschützten Buchten, im Schutze vorliegender Dünenketten und Sandbänke, in den Atollen von Korallenriffen und ähnlichen Lokalitäten.

Die niedrigen Inseln des Gangesdelta zeigen einen feinen grauen Schlammstrand; das trübe Wasser verändert mit den suspendirten Schlammtheilen beständig die Configuration des Strandes, indem es hier abwäscht, was es an einer anderen Stelle wieder absetzt. Neben vielen Würmern und einigen Schnecken, sieht man unzählige *Periophthalmus* in munteren Sprüngen über den Schlamm hüpfen. Ihre Spur besteht aus einer langgezogenen Rinne, beiderseits deren die Kerben der Flosseneindrücke zu sehen sind. Auf den gut geschichteten Schlammbänken, welche das Ufer bilden, bemerkt man viele Landschnecken und vereinzelte Scheeren und Rückenschilder von Krabben. Im Gebiet der Schorre ist der Schlamm so weich, dass man fusstief einsinkt. Krabben mit rothgestreiften Scheerenfüssen wandern zwischen den hüpfenden Fischen umher und schlüpfen behende in ihre Wohnlöcher, die oberhalb der Fluthlinie im Trockenen liegen. Hier ist durch die intensive Sonnenhitze der Schlamm polygonal gerissen.

Das Leben auf dem Schlammstrand der Mangrove haben wir S. 91 geschildert.

In der stillen Bucht von Rothesay (Schottland) wird die Schorre aus einem sandigen Schlamm gebildet, welcher unzähligen Würmern zum Wohnsitz dient. Wenn man bei Ebbe über die schwach geneigte Fläche wandert, so sieht man auf derselben Tausende von geringelten Schlammwürsten. Es sind die aus dem Darmkanal heraustretenden Sedimentmassen, aus welchen die im Schlamme vergrabenen Würmer die Nahrungsbestandtheile entnehmen. Wenn man die ungeheuere Zahl dieser Würmer berücksichtigt, so ist die Annahme unabweisbar, dass das gesammte Sediment dieser Bucht beständig auf der Wanderung

durch den Darmkanal dieser Würmer begriffen ist, ähnlich wie es DARWIN für die Ackerkrume und die Regenwürmer gezeigt hat.

Zur Zeit der Ebbe spazieren auf den zwischen den Korallenriffen des Rothen Meeres befindlichen Schlammflächen zahlreiche Pelikane, Löffelreiher, Möven, Seeschwalben, Flammingos umher, und jagen nach den Naktschnecken, Würmern, Muscheln, welche in dem weichen Sediment leben.

So ist das Gebiet des Litorals bei Ebbe vom Festland aus ebenso besiedelt wie bei Fluth vom Meere aus, und infolgedessen ist die Mannichfaltigkeit organischer Erscheinungen hier eine überaus grosse.

---

12. Die Flora der Flachsee.

Wir haben gesehen, dass das Litoral von Landpflanzen, welche sich an das Meer angepasst haben, und von Meerespflanzen, welche auf der Wanderung nach dem Festland begriffen sind, bewohnt wird.

Die benthonischen Pflanzen, die wir als eigentliche Kinder des Meeres betrachten müssen, gehören zu den Bakterien, den niederen und höheren Algen. Dagegen fehlen die höheren Pilze, die Flechten, Moose und Gefässkryptogamen dem Meere vollständig.

Die Wasserpflanzen [1]) transpiriren nicht, sie bedürfen daher weder leitender Holzbündel noch Spaltöffnungen. Dagegen ist das Gewebe der meisten Wasserpflanzen ungemein zähe und elastisch. Dass sie sich im Wasser aufrechterhalten, hängt davon ab, dass ein Theil ihrer Gewebe von Lufträumen durchzogen ist, wodurch ihr Gewicht im Vergleich zu dem des Wassers sehr verringert wird. Ausgerissene Wasserpflanzen steigen daher sofort schwimmend zur Oberfläche empor. Infolgedessen können wohl die Reste von Landpflanzen am Meeresboden zur Ablagerung kommen, dagegen sinken abgerissene Meerespflanzen nicht unter. Das Phänomen der *Sargassum*-Meere hängt auf das Engste mit der Anwesenheit solcher hydrostatischer Organe im Gewebe der Meeresalgen zusammen. Im ganzen Gebiet der *Sargassum*wiesen des Atlantik ist der Meeresboden mit Bimssteinschlamm bedeckt, zwischen dem man vergeblich nach Pflanzenresten sucht.

Bei den Dredgungen [2]) der „Blake“ im Golf von Mexiko, in Westindien und im Karaibischen Meere war dagegen die ungeheuere Menge von vegetabilischen Substanzen am Meeresboden in Tiefen über 2750 m bemerkenswerth. Aber in keinem Dredgezug an der atlantischen Seite des Isthmus von Panama kamen solche Massen festländischer Pflanzen mit herauf, wie sie auf der Expedition des „Albatross“ 1891 auf der pazifischen Seite gefunden wurden. Hier wurde kaum ein Netz heraufgebracht, welches nicht eine Menge von wassergetränktem Holz und mehr oder weniger frische Zweige, Blätter, Samen und Früchte in allen Stadien der Zersetzung enthielt.

---

1) Kerner, Pflanzenleben Bd. I.
2) Agassiz, Bull. Mus. Harvard College XXII, 1, S. 12.

Dass die überall vorhandenen **Bakterien** dem Meere nicht fremd seien, hatte man schon lange vermuthet, aber erst in neuerer Zeit sind eingehendere Untersuchungen darüber angestellt worden.

SANFELICE[1]) beobachtete, dass das Meerwasser des Golfes von Neapel in der Nähe der Küste viele sich lebhaft vermehrende Bakterien enthält, dass aber ihre Zahl schon in 3 km Abstand von der Küste sehr gering wird.

DE GIAXA[2]) fand 22 Arten von Mikroorganismen im Meere bei Neapel, von denen er 6 Arten sehr konstant überall wieder erkannte.

BEYERINK[3]) wies nach, dass das diffuse Meeresleuchten durch Bakterien erzeugt wird, welche als

Photobacterium luminosum aus der Nordsee,
Photobacterium Fischeri aus der Ostsee,
Photobacterium indicum aus dem westindischen Meere

beschrieben werden, und KATZ[4]) fand 6 verschiedene leuchtende Bakterien im Seewasser bei Sydney, welche er auf todten Fischen, Cephalopoden und Krabben leicht kultiviren konnte. Sie bedurften des Kochsalzes und des Sauerstoffes, um zn leuchten.

Dass selbst ein hoher Salzgehalt gewissen Bakterien keineswegs schadet, ging daraus hervor, dass LORTET[5]) pathogene Bakterien im Schlamme des Todten Meeres (25 % Salzgehalt) und russische Forscher[6]) viele Bakterien im Limanschlamme der Lagunen bei Odessa, deren Salzgehalt 5—7 % beträgt, nachweisen konnten.

Erst RUSSELL[7]) stellte umfassendere Untersuchungen über die Bakterien des Golfes von Neapel an, und kam zu dem wichtigen Resultat, dass das Meerwasser bis in 1100 m Tiefe und selbst bei einer Entfernung von 15 km vom Land, noch reich an Spaltpilzen ist. Folgende Tabelle giebt die horizontale und vertikale Verbreitung wieder:

Seetiefe	Entfernung vom Land	Zahl der Bakterien in 1 ccm Oberflächenwasser	Zahl der in verschiedenen Tiefen gefundenen Bakterien							
m	km		75 m	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	500 m	800 m
75	4	64	57	—	—	—	—	—	—	—
100	6	22	3	5	—	—	—	—	—	—
150	9	8	—	—	10	—	—	—	—	—
200	11	26	—	260	—	112	—	—	—	—
250	10	15	—	—	—	—	10	—	—	—
300	11	78	—	20	—	—	—	5	—	—
500	15	6	—	—	—	—	53	—	23	—
800	6	30	—	—	—	—	—	—	—	3

1) Centralblatt für Bakterienkunde 1890, S. 27.
2) Zeitschrift für Hygiene 1889, S. 196.
3) Centralblatt für Bakterienkunde 1890, S. 338.
4) das. 1891, S. 157—343.
5) das. S. 567.
6) das. S. 195.
7) Zeitschrift für Hygiene 1892, S. 165—207.

Unendlich viel reicher war der Bakteriengehalt des Meeresschlammes. Folgende Tabelle giebt die Zahl der Bakterien in 1 ccm Bodenwasser und in 1 ccm Schlamm aus verschiedenen Tiefen wieder:

Tiefe in Metern	im Wasser	im Schlamm
50 m	121	245000
85 m	57	285000
100 m	10	200000
140 m	10	70000
200 m	59	70800
250 m	31	27000
300 m	5	24000
400 m	30	22000
500 m	22	12500
825 m	31	20000
1100 m	—	24000

Man erkennt hieraus, dass der Gehalt des Bodenwassers ein schwankender ist, während der Schlamm mit zunehmender Tiefe bakterienärmer wird, aber selbst bei 1100 m noch absolut sehr bakterienreich ist. Zugleich sieht man, dass von 250 m ab keine wesentliche Veränderung mehr eintritt.

Von den 7 durch Russell näher untersuchten Formen waren 4 Arten vom Strand bis zu 1100 m Tiefe überall zu finden.

Beobachtungen auf der Secca di Benda Palummo zeigten, dass der Bakteriengehalt des Meerwassers nicht vom Lande herstammt. Im klebrigen Schlamm scheinen die Bakterien besser zu wachsen als in kiesigem Sande. Das Temperaturoptimum scheint viel niedriger zu liegen als das von Süsswasserbakterien, denn mehrere entwickelten sich bei 37° C. nicht mehr. Nur sehr wenige Formen waren anaerob, während die Mehrzahl solchen Arten angehörten, welche bedeutende Schwankungen des Sauerstoffgehaltes ertragen können.

Im Allgemeinen scheint die Entwicklung der Seewasserbakterien nicht an eine bestimmte Tiefenzone gebunden zu sein. Immer ist der Bakteriengehalt des Schlammes sehr viel grösser an lebhaft vegetirenden Formen.

Unendlich formenreich ist die Algenflora des Meeres. Man pflegt die Algen nach dem Vorherrschen gewisser Farbstoffe in Grünalgen, Braunalgen oder Tange, und Rothalgen oder Florideen, einzutheilen; die meisten Grünalgen, alle Tange und fast alle Florideen bewohnen das Meer.

Nach ihrer Lebensweise müssen wir benthonische und planktonische Formen unterscheiden, da aber die letzteren typische Bewohner des offenen Meeres sind, werden wir sie in einem späteren Abschnitt zu behandeln haben.

Auf Steinen wachsend, finden wir im Meere[1]) die fadenförmigen Zellenreihen der *Mastigonema* (*Rivulariacea*), welche neben dem Chlorophyll einen blauen Farbstoff enthalten. Diatomeen, deren Chlorophyll durch einen gelben Farbstoff verdeckt ist, bilden Ueberzüge auf Meeresalgen und leben in grosser Zahl auf Austernbänken und anderen Gebieten der Flachsee. *Rhipidophora*, *Podosphenia*, *Licmophora*

1) Leunis-Frank, Synopsis der Pflanzenkunde 1877, III.

sitzen festgewachsen auf Algen und Steinen, *Pleurosigma* lebt frei und kommt sowohl im Meere wie im Brack- und Süsswasser vor, *Navicula, Pinnularia, Homoecladia, Synedra, Achnanthes* und andere Gattungen sind in den Küstengewässern der Flachsee häufig. In den durchlichteten Gebieten[1]) der oberen Wasserschichten entwickeln und vermehren sich die Diatomeen ausgezeichnet, an schattigen Stellen werden sie seltener und in der Dunkelheit vermögen sie nicht zu leben.

Von den eigentlichen Grünalgen sind folgende benthonische Typen im Meere vertreten:

Die Mehrzahl der Vaucherien, wie *Acetabularia, Caulerpa, Valonia, Bryopsis;* alle Codien, wie *Udotea, Anadyomene, Codium, Halimeda.* Die letzte Gattung ist stark mit Kalk inkrustirt und ist auf den Korallenriffen des Rothen Meeres ziemlich verbreitet, so dass sie dort als Kalkbildner in Anspruch genommen zu werden verdient.

Ungeheuere Massen[2]) von *Udotea* und *Halimeda,* zwei kalkabscheidenden Algen, wachsen auf den seichten Stellen der Floridariffe, wo sie abgestorbene Korallenäste bedecken. *Halimeda opuntia*[3]) und *H. tridens* findet man kalkbildend am Strande von St. Thomas.

Die Masse von *Halimeda*[4]) besteht aus 90,16 % Kalk, 5,5 % kohlensaurer Magnesia, 0,5 % Gyps und Kieselsäure und 3,8 % organischer Substanz.

Auch auf den Korallenriffen des Rothen Meeres und der Palkstrasse findet man *Halimeda* als wichtigen Kalkbildner im seichten Wasser und ausgeworfen am Strande.

Die Ulvaceen, besonders *Enteromorpha* und *Ulva,* endlich von Confervaceen die Gattungen *Cladophora, Rhizoclonium* und *Chaetomorpha* sind verbreitete Geschlechter. Während aber die besprochenen Familien der Grünalgen meist auch Vertreter im Süsswasser besitzen, sind die braunen Algen nur im Meere zu finden.

Man kennt bei den Braunalgen oder Tangen gegen 70 Gattungen und 400 Arten, welche in allen Meeren verbreitet sind, und in den seichten Gewässern nahe an der Küste auf felsigem Grunde ausgedehnte Rasen und Wälder bilden. *Fucus* bildet auf der nördlichen Hemisphäre an allen felsigen Ufern eine dichtbewachsene Zone, und im Kattegat bezeichnet man den obersten zusammenhängenden Saum[5]) dieser Pflanzen als Tangrand. Derselbe fällt sehr genau mit dem Mittelwasserstande oder demjenigen Stande des Meeres zusammen, den die Küstenbewohner „Normalwasser“ nennen. Er scheint nie mehr als 9—10 cm unter jenem Mittelwasser zu liegen, welches an den Leuchtthürmen durch lange Beobachtung ermittelt wurde.

Bei Ebbe sind die Felsen Helgolands von einem 2 m hohen grünbraunen Bande gesäumt, welches fast nur aus *Fucus vesiculosus* besteht, zwischen deren schleimigen Blättern eine besondere Fauna zahlreich lebt.

Abgerissene *Fucus* schwimmen wegen der lufthaltigen Blasen, und werden in Menge ans Ufer geworfen, wo sie an sandigen Küsten lange

1) Castracane, Chall. Rep. Botanic II, S. 12.
2) Agassiz, Blake I, S. 82.
3) Challenger, Narrative I, S. 127.
4) Payen, Gazelle IV, S. 12.
5) Holmstroem, nach Suess, Antlitz der Erde II, S. 511.

braunrothe Säume bilden, welche dem Sande beigemengt, Veranlassung zu einer bituminösen Verfärbung des Sandes geben. *Sargassum* wächst ebenso häufig an den Küsten Mittelamerikas und wird von Meeresströmungen weit von der Küste hinausgetrieben.

Laminaria ist ebenfalls ein Bewohner der kälteren Meere auf der nördlichen Halbkugel. Die lederartigen Blätter, welche 5 m lang werden können, bilden dichte untermeerische Wälder in geringer Wassertiefe. Mit ihrem drehrunden Stiel, der sich nach unten in ein Wurzelgewirr anflöst, klammern sie sich so fest auf Felsen und Steinen an, dass man sie von ihrer Unterlage nur schwer abreissen kann. Ihre Bedeutung für die Abrasion haben wir an einer anderen Stelle zu schildern.

Auf der südlichen Halbkugel werden sie durch *Macrocystis* vertreten, deren Blätter auf einem bis zu 200 m langen Stiele vertheilt sind. Sie sind die Riesen aller Meeresgeschöpfe, leben vom Strande abwärts bis zu 84 m; der Stiel steigt von der Anheftestelle erst senkrecht empor, um dann in horizontaler Richtung zu liegen und mit seinen langen schwertförmigen Blättern einen schwimmenden Wald zu bilden.

Diese gigantische Alge[1]) beherbergt eine Menge mariner Thiere, wie zusammengesetzte Aseidien, Patellen, Trochus, Naktschnecken, Cephalopoden und festsitzende Muscheln.

Von den Rothalgen oder Florideen sind nur 5 Gattungen Bewohner des Süsswassers, während 145 Gattungen mit etwa 1000 Arten im Meere leben und durch ihre Formen und Farbenpracht jedes Auge entzücken.

Von ihnen sind am interessantesten die Gattungen *Corallina, Jania, Melobesia, Lithothamnium* und *Lithophyllum*, weil sie in ihrem Gewebe kohlensauren Kalk abscheiden, der den rothen Algen ein steinartiges Gefüge giebt und in der lebenden Pflanze bis 85 % betragen kann. Diese sogenannten: Nulliporen oder Kalkalgen finden sich gesteinsbildend von Novaja Semlja bis zum Aequator in allen Meeren.

Lithothamnium fasciatum[2]) wächst im nördlichen Eismeer überall in grossen Mengen, bei Norwegen 70 m tief, an der russisch-lappländischen Küste 10—55 m, auf Spitzbergen 18—36 m, auf Novaja Semlja 45 m tief. *Lithothamnium polymorphum*[3]) und *Corallina officinalis* gedeihen bei Cod Ledges an der amerikanischen Ostküste in 22 m.

Im Karaibischen Meere[4]) findet man Nulliporenlager bis in Tiefen von 284 m.

Im Golf von Neapel[5]) sind Algenlager von *Lithothamnium, Corallina* und *Lithophyllum* in 30—65 m Tiefe. Bei Porto Praya fand Studer[6]) Kalkalgen 19—56 m tief, und auf den Korallenriffen spielen Kalkalgen eine ganz hervorragende Rolle. Grosse Flächen der Riffe werden ausschliesslich von Nulliporen bedeckt, an anderen Orten überrinden Kalkalgen die absterbenden Korallenäste.

Nach Darwin findet man am Rande des Riffes von Keeling Atoll

---

1) Fischer, Conchiliologie, S. 171.
2) Gobi, Mém. Acad. St. Petersburg 1879, S. 22.
3) Americ. Journal 1874, S. 42.
4) Agassiz, Blake I, S. 141.
5) J. Walther, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1885, S. 229 f.
6) Annalen der Hydrographie II, S. 262.

drei Arten von *Nullipora.* Die eine wächst in dünnen purpurnen Schichten wie eine Flechte an alten Bäumen; die zweite in steinigen purpurnen Knollen und die dritte, in schön pfirsichblüthener Färbung, besteht aus einem moosartigen Netzwerk dünner Zweige.

Die Vertheilung der Algen im Meere ist von einer Anzahl bionomischer Faktoren abhängig, welche die Zusammensetzung der lokalen Flora und die Verbreitung dieser Florengebiete beherrschen.

Der Meeresboden[1]) ist keineswegs überall mit Pflanzen bewachsen und die Ausdehnung vegetationsloser Wüsten ist am Meeresgrunde viel grösser als auf dem Festlande.

Der Boden[2]) der Ostsee trägt zu ungefähr $^1/_3$ seiner Fläche Pflanzenwuchs, während $^2/_3$ pflanzenleer sind. Die bewachsenen Flächen zeigen sehr unregelmässige Umrisse, und finden sich vom Strande bis in 35 m Tiefe. Pflanzen wachsen hier nur auf grobem Geröll, Kies oder Sand, während auf schlammigem Boden nur in ruhigen Buchten Seegras zu gedeihen vermag. Algen verlangen stets einen unverschiebbaren Untergrund.

Da nun in allen Meerestiefen lokal ein aus unverschiebbaren groben Fragmenten zusammengesetztes Sediment vorkommt, so wäre von dieser Seite dem Vordringen der Pflanzen gegen die Abgründe der Tiefsee keine Grenze gesetzt, wenn nicht das Pflanzenleben an die Lichtstrahlen gebunden wäre. Und so bezeichnet die untere Grenze des Eindringens der wenig brechbaren Strahlen auch die Assimilationsgrenze des benthonischen Pflanzenlebens im Meere.

Was nun die Tiefenvertheilung der Meeresalgen anlangt, so unterschied Forbes[3]) 3 verschiedene Zonen. Zu oberst die litorale Zone direkt an der Küste, darauf die Laminarienzone, und endlich die noch tiefere Corallinenzone. Da Forbes unter 180 m keine lebende Pflanze fand und er die Existenz einer Fauna an die lokale Verbreitung des Pflanzenwuchses geknüpft hielt, so nahm er an, dass unter 550 m auch kein thierisches Leben im Meere existiren könne.

Bei seinen Studien im Quarnerischen Golf erkannte Lorenz[4]) 6 verschiedene Tiefenzonen der Algenflora:

Die Supralitoralregion bezeichnet den Stand der höchsten Fluth und wird bewohnt von 3 Algenarten.

Die auftauchende Litoralregion ist im Aegäischen Meer etwa $^1/_2$ m breit und umfasst das Gebiet der Schorre; hier wachsen 44 Algenarten.

Die untergetauchte Litoralregion reicht vom Ebbespiegel bis zu einer Tiefe von 4 m und ist die pflanzenreichste Zone mit 218 Arten.

Die Region der Seichtgründe von 4—27 m enthält 78 Algenarten.

Die fünfte Region erstreckt sich von 27—55 m und wird nur von 43 Algen bewohnt, während in der sechsten Region unter 55 m nur noch 4 Arten beobachtet wurden.

---

1) Meyer & Moebius, Fauna der Kieler Bucht S. 14.

2) J. Reinke, Deutsche Rundschau 1890 Oktober, S. 73.

3) Forbes, Ann. Mag. Nat. Hist. 1844, Vol XIII, S. 310.

4) Lorenz, Physik. Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien 1868.

Diese Regionen unterscheiden sich nach LORENZ durch das mit der Tiefe sich ändernde Schichtenklima und die Temperaturschwankungen. Für die ersten Regionen ist ausserdem die Höhe und Dauer der Emersion maassgebend.

Die adriatischen Algen hat HAUGK[1]) auf vier Regionen vertheilt. Er unterscheidet zunächst eine algenarme Uferzone, deren Arten kümmerlich von zerstiebendem Meerwasser leben, nämlich die Florideen: *Catenella, Hildebrandtia, Dermocarpa, Bangia* und *Pleurocapsa*.

Die zweite Zone ist die obere Litoralregion, entsprechend der Ebbe und Fluthgrenze. Hier gedeiht das ganze Jahr *Fucus*, während *Cladophora, Ectocarpus, Ulva, Calothrix, Rivularia, Vaucheria* u. A. sich in 90 Arten nur in der kühleren feuchten Jahreszeit entwickeln.

Die dritte Zone ist die untere Litoralregion bis 5 m Tiefe, das eigentliche Reich der Algen mit 256 Arten.

Die vierte Zone ist die Tiefenregion von 5—40 m, bewohnt von 57 Florideen, 15 Tangen und 10 Grünalgenarten. In ihr kommen langlebige Formen vor, deren Entwickelung nicht an die Jahreszeiten geknüpft ist, daneben einige Algen, welche sonst nur in kälteren Meeren bekannt sind.

BERTHOLD, welcher die Algenflora des Golfes von Neapel längere Zeit hindurch genauer untersuchte, konnte solche Tiefenzonen dort nicht erkennen. Er fand[2]), dass folgende Faktoren den Charakter und die Vertheilung der Meeresflora bestimmen: 1) Die Verhältnisse von Ebbe und Fluth und die damit zusammenhängende Emersion litoraler Gebiete. 2) Die Bewegung des Wassers. 3) Die Beleuchtungsverhältnisse. 4) Die Temperatur. 5) Die chemische Zusammensetzung des Wassers. 6) Der mit der Tiefe zunehmende Wasserdruck. 7) Die Beschaffenheit des Meeresbettes. Ausserdem sind für die Abgrenzung grösserer Provinzen maassgebend 8) das Meeresklima, 9) der allgemeine Gang der Gezeiten und 10) der Salzgehalt des Wassers.

Als maassgebenden Faktor aber erkannte BERTHOLD die Durchlichtung des Wassers. Wo dauernde Trübung des Wassers das Eindringen des Lichtes erschwerte, da steigen die Schattenformen der grösseren Tiefen bis zu 7 m herauf. *Palmophyllum, Cruriopsis, Lithophyllum* und *Lithothamnium* sind so lichtscheu, dass sie sich selbst in 60 m Tiefe im Sommer, wenn die Lichtstrahlen tiefer eindringen, an beschattete Stellen zurückziehen. Der kohlensaure Kalk wird in dem Gewebe dieser Pflanzen wahrscheinlich nur als Schutz gegen übermässige Belichtung ausgeschieden, denn die Menge des abgelagerten Kalkes wächst mit der Lichtmenge und verringert sich mit abnehmender Beleuchtung bei derselben Art, während zugleich im umgekehrten Verhältniss der rothe Farbstoff auftritt.

Einen glänzenden Beweis für die Abhängigkeit der Vertheilung der Algenflora vom Licht, fand FALKENBERG[3]) in der Grotta del Tuono am Posilipo bei Neapel. Dieselbe dringt von NW. nach SO. in den Tufffelsen hinein und ist für direktes Sonnenlicht vollkommen abge-

---

1) VOGES, Pflanzenleben des Meeres 1886, S. 44.
2) BERTHOLD, Mitth. Zool. Station zu Neapel 1883, III, S. 403.
3) FALKENBERG, Mitth. Zool. Station zu Neapel I, 1879, S. 220.

schlossen; das Wasser steht den grössten Theil des Tages nur 25—30 cm tief, dennoch findet man beim Eindringen in die dunkele Grotte Algen, welche sonst nur in tieferen Wasserschichten gefunden werden. In dem vorderen, vom Tageslicht erhellten, Theile lebt die normale Vegetation des Strandes; weiter hinten trifft man *Delleseria, Hypoglossum, Bornetium secundiflora, Halopteris filicina* und *Rytiphloea tinctoria*, welche sonst stets tiefer als 3 m gefunden werden. In dem dunklen Innern der Grotte findet man aber: *Phyllophora Heredia, Ph. nervosa, Peyssonnelia rubra, Spondylothamnium multifidum, Bonmaisonia asparagoides* und *Palmophyllum flabellatum*, welche sonst als charakteristische Pflanzen einer Tiefe von 50—60 m bekannt sind.

---

13. Die Fauna der Flachsee.

Die Vertheilung der festländischen Thiere und Pflanzen lässt leicht eine Gliederung nach der geographischen Breite, und mit zunehmender Höhe an den Gehängen hoher Gebirge auch nach den Isohypsen erkennen. Am Etna wie am Pik von Teneriffa kann man übereinanderliegende Vegetationsgürtel verfolgen und beobachten, dass auch die festländische Thierwelt in ihrer Verbreitung eine gewisse Abhängigkeit von der Höhe erkennen lässt.

Auf Grund eines leicht erklärlichen Analogieschlusses hat man früher geglaubt, auch die Meerestiefen nach ähnlichen Prinzipien zur Grundlage einer marinen Thiergeographie machen zu können, und die Erscheinungen im flachen Wasser nahe der Küste sprachen für die Berechtigung eines solchen Unternehmens.

Es lässt sich nicht leugnen, und wir werden es in dem vorliegenden Abschnitt mit vielen Beispielen belegen können, dass die Organismenwelt des Meeres, vom Litoral aus nach der Tiefe zn, in gewisse übereinanderliegende Zonen eingetheilt werden kann.

Die Gründe hierfür liegen erstens in dem Wechsel der Facies. Während am Strande durch die beständige Wasserbewegung das Sediment geschlämmt, von allem trübenden Schlamm gereinigt und als reiner Sand abgesetzt wird, findet sich schon in einigen Metern Tiefe ein wesentlich sandärmeres Sediment. Infolgedessen wechselt in relativ kurzen Abständen hier die Flora und Fauna des Meeres. Aber wenn einmal erst in einigen Metern Tiefe die Facies schlammig geworden ist, dann bleibt sie so bis in grosse Tiefen, sofern nicht andere geologische Ursachen eine Veränderung der Facies herbeiführen.

Auch das eindringende Tageslicht erleidet in den oberen Wasserschichten qualitative Veränderungen. Eine Spektralfarbe nach der anderen verschwindet, bis nur noch blaugrüne schwache Lichtstrahlen das Wasser matt erleuchten. Ist aber einmal in 200 m Tiefe das rothe und violette Ende des Spektrums verschwunden, dann ändert sich die Qualität des noch tiefer dringenden Lichtes nicht mehr. Die qualitativ verschiedene Belichtung der oberen Wasserschichten bedingt eine nach Zonen gegliederte Flora, und demgemäss auch eine zonare Anordnung der herbivoren Fauna. Aber diese Zonen lassen sich nur bis 200 m verfolgen, alle grösseren Tiefen zeigen nur noch quantitative Lichtunterschiede.

Auch die Temperatur des Seewassers ändert sich in den obersten Wasserschichten sehr rasch. Von der Oberfläche nimmt die Temperatur mit je 18 m um 1 ° C. ab. Hier liegen dünne Schichten verschiedener Wassertemperatur in kurzen Abständen untereinander. Mit zunehmender Tiefe werden die Abstände rasch 200—500 m gross, dann folgt eine fast unveränderliche Temperatur. Wir erkennen also auch in der Wassertemperatur eine, die Vertheilung der Organismen nach Tiefenzonen regelnde, bionomische Ursache. Aber auch sie hat nur in den obersten 360 Metern eine Bedeutung. Die Temperatur schichtet die benthonische Fauna geringer Wassertiefen, dann hört ihr ordnender Einfluss mehr und mehr auf.

Die für die Vertheilung des Halobios wichtigen Faktoren der Wasserbewegung und Facies, des Lichtes und der Temperatur gliedern also die Region der Flachsee in einzelne bathymetrische Zonen, aber für grössere Tiefen wird ihre Bedeutung immer geringer.

Wir müssen sogar noch hinzufügen, dass eine Zonengliederung des Meeresbodens an günstigen Lokalitäten zwar sehr gut durchzuführen ist; man kann sogar die einzelnen Faunengürtel durch bestimmte leitende Formen leicht voneinander unterscheiden. Aber erstens nehmen diese Zonen mit zunehmender Tiefe nach geometrischer Progression an Grösse zu, so dass die aufeinanderfolgenden Zonenabstände 1, 5, 20, 100 m betragen. Zweitens werden ihre Unterschiede undeutlich, sobald man das lokale Beobachtungsgebiet mit benachbarten Küsten vergleicht.

So lange man annahm, dass die Tiefe des Meeres und der Druck des Wassers für die Vertheilung der niederen Meeresthiere eine ähnliche Bedeutung besitze, wie der verminderte Luftdruck auf hohen Gebirgen für die lungenathmenden Wirbelthiere und den Menschen, hat man wohl geglaubt durch bestimmte Isobathen bestimmte Lebensbezirke abgrenzen zu können. Allein die absolute Wassertiefe ist für die niederen Meeresthiere ein bionomisch nebensächliches Moment: Licht, Temperatur und Facies sind die bestimmenden Faktoren. Wir werden also bei den folgenden Betrachtungen immer diesen Gedanken im Auge behalten müssen und die Wassertiefe nur für die Formel einer Kombination verschiedener Existenzbedingungen ansehen.

Audouin und Milne Edwards[1]) theilen die Fauna der nordfranzösischen Küstenmeere in folgende Regionen:

I. Region, trocken bei gewöhnlicher Ebbe, am Felsen *Balanus*, auf Sandgrund keine Seethiere.

II. Region der Tange. Auf Felsen *Turbo, Patella, Purpura Nassa*, rothe Aktinien; auf feinem Sand *Orchestia, Terebella, Arenicola;* im Schlamm ausser letzterer *Nephthis* und *Sipunculus.*

III. Region der Korallinen, nur bei starker Ebbe trocken. An Felsen *Mytilus* und *Patella;* an minder geschützten Stellen grüne Aktinien und zusammengesetzte Ascidien; unter losen Blöcken *Haliotis, Chiton, Doris, Pleurobranchus*, Ascidien, *Polynoe, Serpula, Planaria*, und wenn diese Blöcke grössere Höhlen bilden, etwas tiefer: *Spongia, Tethya, Lobularia*

1) Nach Bronn, Handbuch einer Geschichte der Natur II, 3, S. 257.

Ascidia. Zwischen *Zostera marina* findet man *Cerithium, Rissoa.* Wo der Sand nicht zu viel Schlamm enthält, leben einige Zoll unter dessen Oberfläche: *Cardium, Venus, Solen, Terebella.*

IV. Region der Laminarien nur bei der stärksten Ebbe trocken mit *Patella pellucida,* auch *Mactra, Venus, Tellina, Psammobia, Donax, Solen, Actinia,* Seesterne. Im feinen Sande *Calianassa, Axia, Thia, Bullaea, Pandora, Ammodytes.* Im bläulichen Thon zwischen Sand *Pholas dactylus* und *Pholas candidus.*

V. Region immer unter Wasser, belebt von: *Ostrea, Pecten, Anomia, Calyptraea, Arca, Mactra solida, Aphrodite, Serpula, Phyllodoce, Polynoe, Portunus, Maja, Inachus, Pisa, Pirimela, Pilumnus, Asterias.*

Für die Wirbellosen der Norwegischen Meere hat Sars in felsigen Buchten folgende Regionen unterschieden:

I. Region der Balanen, zu oberst nahe der Fluthgrenze bildet *Balanus* einen breiten horizontalen Streifen, darunter *Purpura lapillus.*

II. Region der Patellen. Nahe unter den vorigen wachsen ganze Wälder von *Fucus,* darauf leben *Litorina litorea, Nerita, Spirorbis, Coryne squamata.* Auf den den Wogen mehr ausgesetzten Klippen sitzt: *Mytilus edulis* und *Purpura lapillus* in grosser Menge, aber besonders charakteristisch sind daselbst *Patella vulgaris, P. testudinaria* und zwischen Steinen *Actinia rubra.*

III. Region der Korallinen durch *Corallina officinalis* charakterisirt, zu der sich *Modiola, Actinia coriacea, Lucernaria, Ascidia, Spongia, Alcyonium* gesellen. Sandgrund (welcher in den vorigen Regionen fast gar keine Seethiere darbot) birgt *Arenicola, Nephthys, Terebella, Cirratulus, Aricia, Mya, Solen.* In stillen Buchten, wo der Sand mit Dünen gemischt ist, wächst *Zostera* wiesenähnlich bis in beträchtliche Tiefe. Darauf leben: *Ascidia intestinalis, Actinia. Eolidia.*

IV. Region der Laminarien. Die stärkste Ebbe entblösst nur den oberen Theil dieser Region. Hier giebt es *Doris, Polycera, Tritonia, Eolidia, Patella pellucida, Pecten,* Seesterne, Ascidien, Alcyonien, *Polynoe, Ostrea, Lima, Cancer, Holothuria, Asterias, Ophiura.*

Im östlichen Mittelmeer konnte Forbes[1]) acht verschiedene Tiefenregionen unterscheiden, deren jede durch eine besondere Fauna und, wenn sie Pflanzen besitzt, auch durch eine besondere Flora charakterisirt ist. Jede dieser Regionen lässt sich von jeder anderen durch bestimmte Arten unterscheiden; gewisse Arten findet man in keiner anderen, manche treten nicht in die darüber liegende, andere nicht in die darunter folgende Region. Gewisse Arten haben ihr Entwicklungsmaximum in einer Region und treten hier in besonders grosser Zahl auf, andere sind Herumstreicher, welche in ihrer Vertheilung durch

1) Forbes, Brit. Assoc. Rep. 1843, S. 154 f.

sekundäre Existenzbedingungen geregelt werden. Jede Zone besitzt auch mehr oder weniger bestimmte Faciescharaktere, doch verschwinden diese Unterschiede mit zunehmender Tiefe. Die erste Zone ist 3 m gross, die letzte ist über 200 m mächtig. Jede Zone kann in kleinere Theile geschieden werden, doch lassen sich solche hauptsächlich nur durch negative Charaktere, das Fehlen bestimmter Arten u. s. w. bestimmen.

Die erste Region oder Litoralzone erreicht ihre Grenze in 3 m Tiefe, die Facies ist wechselnd, gewöhnlich felsig oder sandig. Leitarten sind: *Litorina coerulescens, Fasciolaria tarentina, Cardium edule* und von Pflanzen *Padina pavonia.* Auf felsigem Strande findet man *Litorina coerulescens, Patella scutelaris, Kellia rubra, Mytilus minimus* und *Fossarus Adansoni*, auf Sand im Wasserniveau *Mesodesma donacilla*, auf Schlamm *Nassa mutabile* und *N. neritoidea*, überall, besonders unter Steinen und Pflanzen *Cerithium mamillatum, Truncatella truncata* und *Auricula.* Alle diese Arten leben gesellig. Von Algen ist *Dictyocha dichotoma* und *Corallina officinalis* häufig. Unmittelbar unter der Elementengrenze leben eine Menge von bunten Mollusken zusammen mit Radiaten und Artikulaten. Bohrend im Sande lebt: *Solen strigillatus, Lucina Desmarestii, Amphidesma sicula, Venerupis decussata* und verschiedene Arten von *Donax, Tellina, Venus*; im Schlamm ist häufig: *Lucina lactea*, auf Felsengrund: *Cardita calyculata, Arca barbata, Chama gryphoides, Lithodomus, Chiton squamosus* und *Ch. cajetanus, Patella Bonnardi, Fissurella costaria*, verschiedene Arten von *Vermetus, Haliotis, Trochus, Cerithium fuscatum, Fasciolaria tarentina, Fusus lignarius, Murex trunculus, Pollia maculosa, Columbella rustica, Cypraea spurca* und *Conus mediteraneus.* Hier leben die echten Typen der mediterranen Fauna, die ihr einen subtropischen Charakter geben. In dieser Litoralzone finden wir gewisse Arten auf lokal umgrenzte Gebiete beschränkt. So lebt *Trochus* lokal sehr zahlreich, *Cladocora caespitosa* findet sich nur an der Küste von Kleinasien häufig. In den Cycladen lebt *Actinia rubra* in vielen Exemplaren an bestimmten Stellen. Unter den Blättern von *Padina pavonia* sind unzählige Krebse verborgen, während in den Felsspalten bunte Fische versteckt sind.

Die Bewohner der unteren Grenze der Litoralzone sind ebenfalls sehr charakteristisch. Auf den *Zostera*wiesen leben *Rissoa*, im Sande steckt *Pinna squamosa.* Ausser den leitenden Formen findet man in der Litoralzone natürlich auch die Reste der in tieferen Regionen lebenden Fauna durch die Wellen angespült und, gemischt mit diesen, die Hartgebilde festländischer Organismen. Diese findet man keineswegs immer in der Nachbarschaft der Ströme, welche sie dem Meere zuführten, sondern sie werden durch die Wellen am Ufer entlang verfrachtet und liegen oft fern von der Mündung des Flusses.

Die zweite Region hat felsigen, sandigen oder schlammigen Boden und reicht von 3—18 m. Charakteristische Thiere sind *Cerithium vulgatum, Lucina lactea* und Holothurien. Pflanzen: *Caulerpa prolifera* und *Zostera oceanica.* Ausser den genannten findet man hier: *Nucula margaritacea, Cerithium lima, Trochus crenulatus, Tr. Spratti, Rissoa ventricosa, R. oblonga, Marginella clandestina, Tellina donacina, Cardium exiguum.* Stürme bringen diese Formen

auch in die Litoralzone herauf. *Caryophyllia* tritt auf und reicht von hier in die tieferen Zonen hinab.

Die dritte Region reicht von 18—36 m. Der Seeboden ist gelegentlich kiesig, oft sandig oder mit blauem Schlamm bedeckt. Charakteristische Formen sind *Aplysia* und *Cardium papillosum. Caulerpa* und *Zostera* werden seltener, auf den *Zostera*blättern lebt eine kleine *Asterina*, und grosse Holothurien sind häufig. Neben *Aplysia* findet man eine blaue *Goniodoris*. Am weitesten verbreitet sind ausserdem *Lucina lactea, L. hiatelloides, Cardium papillosum, Tellina donacina, Cerithium lima, Ligula Boysii, Nucula margaritacea, N. emarginata.*

Die vierte Region reicht von 36—64 m. Der Seeboden ist sehr wechselnd, meist mit Kies oder Schlamm bedeckt, seltener sandig. Von Algen sind häufig: *Dictyomenia volubilis, Sargassum salicifolium, Codium bursa, C. flabelliforme* und *Cystoceira*. Das seltene *Hydrodictyum umbilicatum* fand sich hier an der kleinasiatischen Küste. Korallinen sind hier häufiger als in anderen Regionen. Lokal lebt *Porites daedala. Retepora cellulosa* ist sehr häufig. *Tubulipora* tritt in mehreren Arten auf. *Myriapora truncata* und *Cellaria ceramioides* sind charakteristisch. Spongien, besonders feine *Euspongia officinalis* wachsen hier, Nulliporen sind zahlreich, Echiniden und *Antedon* sind häufig, ebenso Krebse und Anneliden. Von Conchilien leben hier *Nucula margaritacea, N. emarginata, Dentalium 9 costatum, Arca lactea, Cardium papillosum, Corbula nucleus, Ligula Boysii* und *Cerithium lacteum.*

Die fünfte Region reicht von 64—100 m. Der Boden ist mit Conchilien und Nulliporen bedeckt. Charakteristisch sind: *Cardita aculeata, Nucula striata, Pecten opercularis, Myriapora truncata,* von Pflanzen: *Rityphloea tinctoria. Dictyomenia volubilis* wird selten, *Chrysimenia uvaria* ist häufig. Ausser vielen Echinodermen, manchen Zoophyten findet man hier: *Nucula margaritacea, N. emarginata, N. striata, Pecten opercularis, Turritella tricostata, Cardium papillosum, Cardita aculeata, Dentalium 9 costatum.*

Die sechste Region reicht von 100—144 m. Der Boden ist vorherrschend mit Nulliporen bedeckt. Grünalgen sind selten. *Cidaris hystrix* ist charakteristisch, sowie *Venus ovata, Turbo saguineus, Pleurotoma maravignae*. Am meisten vertreten sind *Venus ovata, Cerithium lima* und *Pleurotoma*. Am zahlreichsten sind: *Turbo sanguineus, Emarginula elongata, Nucula striata, Venus ovata, Pecten similis* und Brachiopoden. Die hier häufigen holostomen Schnecken leben von Nulliporen.

Die siebente Region von 146—190 m besizt eine sehr charakteristische Fauna. Die Facies ist meist Nulliporen, seltener Sand oder Schlamm. Grünalgen sind verschwunden. Echinodermen sind nicht selten, Zoophyten und Schwämme selten. Hier leben: *Hornera, Lepralia, Cellepora, Grantia, Echinus monilis, Cidaris histryx* und *Echinocyamus*, mit Ophiuriden, während die Asteriden fehlen. Auch Tunicaten und Naktschnecken findet man nicht. Krebse sind nicht selten, von Würmern ist häufig eine glasige *Serpula*. Am weitesten verbreitet sind *Lima elongata, Cardita aculeata, Rissoa reticulata, Fusus muricatus.* Am

zahlreichsten sind: *Rissoa reticulata*, *Turbo sanguineus*, *Venus ovata*, *Nucula striata*, *Pecten similis* und Brachiopoden.

Hier wurden gefunden:

Ligula pofundissima
Corbula nucleus
Poromya anatinoides
Neaera cuspidata
— costellata
— abbreviata
Pandora obtusa
Saxicava arctica
Lucina commutata
— bipartita
Astarte incrassata
— pusilla
Cytherea apicalis
Venus ovata
Cardium minimum
Cardita squamosa
Arca lactea
— scabia
— imbricata
— tetragona
Nucula Polii
— margaritacea
— striata
Modiola barbata
Lima elongata
— crassa
Pecten Dumasii
— similis
Spondylus Gussonii
Ostrea cochlear
Anomia polymorpha;

von Schnecken:

Chiton laevis
Lottia unicolor
Pileopsis ungaricus
Emarginula cancellata
— elongata
— capuliformis
Rissoa ventricosa
— reticulata
— ovatella
Turritella triplicata
Trochus tinei
— exiguus
— millegranus,
Turbo sanguineus
— rugosus
Phasianella pulla
Cerithium lima
Triforis adversum
Pleurotoma crispata
Fissurella graeca
Bulla utriculus
Natica pulchella
Eulima distorta
Parthenia elegantissima
Pleurotoma reticulata
— maraviguae
— gracilis
Fusus muricatus
Murex cristatus
Nassa intermedia
Mitra ebenus
— phillippiana
Tornatella fasciata
— pusilla
— globulosa
Marginella clandestina
Dentalium 9 costatum
— 5 angulare;

von Brachiopoden:

Terebratula truncata
— detruncata
— lunifera
— seminula
Terebratula vitrea
— appressa
Crania ringens.

Die achte Region umfasst die Gebiete unterhalb 190 m bis zu 420 m. Sie wird bewohnt von einer sehr eintönigen, aber spezifischen Fauna. Innerhalb dieser Region vermindert sich allmälig das Thierleben in der Aegäischen See bis zu Null. Der Boden besteht aus gelbem Schlamm, der viele Pteropoden- und Foraminiferenschalen ent-

hält. Der Grenzpunkt des organischen Lebens liegt in dem Aegäischen Meer nach FORBES bei 550 m. Charakteristische Thiere sind: *Dentalium 5 angulare*, *Kellia abyssicola*, *Ligula profundissima*, *Pecten Hoskynsi*, *Ophiura abyssicola*, *Idmonea*, *Alecto*.

Pecten Hoskynsi, *Lima crassa*, *Nucula aegeensis*, *Scalaria hellenica*, *Parthenia fasciata*, *P. ventricosa* wurden nur in dieser Region gefunden. *Ligula profundissima*, *Pecten similis*, *Arca imbricata*, *Dentalium quadrangulare*, *Rissoa reticulata* sind hier zahlreicher als in den höheren Zonen. *Bullaea angustata*, *Rissoa acuta*, *Cerithium lima* und *Teredo* scheinen Wandergäste zu sein.

Von Ophiuren leben hier: *Ophiura abyssicola*, *Amphiura florifera*, *A. chiagi*, *Pectinura vestita*; von Pflanzenthieren *Caryophyllia cyathus*.

Von Muscheln wurden gefunden:

Teredo	*Neaera cuspidata*
Ligula profundissima	— *costellata*
Corbula anatinoides	— *attenuata*
Pandora obtusa	*Nucula Polii*
Thracia pholadomyoides	— *striata*
Kellia abyssicola	— *aegeensis*
— *oblonga*	*Lima elongata*
Astarte pusilla	— *crassa*
Venus ovata	*Pecten Dumasii*
Lucina ferruginosa	— *similis*
Cardium minimum	— *fenestratus*
Cardita squamosa	— *Hoscynsii*
Arca lactea	*Ostrea cochlear?*
— *scabra*	*Anomia polymorpha*
— *imbricata*	
— *tetragona*	

von Schnecken:

Lottia unicolor,	*Rissoa ovatella*
Bullaea aperta	*Scalaria hellenica*
— *alata*	*Scissurella plicata*
Bulla utriculus	*Trochus millegranus*
— *cretica*	*Pleurotoma abyssicola*
Eulima subulata	*Fusus echinatus*
Parthenia ventricosa	*Nassa intermedia var.*
— *turris*	*Marginella clandestina*
— *fasciata*	*Dentalium 5 angulare*
Rissoa reticulata	

Die späteren Untersuchungen von FORBES an den britischen Küsten ergaben folgende Daten, betreffend die Zonengliederung der submarinen Fauna:

Die **Litoralregion** wird bewohnt von *Litorina*, *Trochus*, *Patella*, *Purpura*, *Mytilus edulis*, *Cardium edule*, *Kellia rubra*.

In der **Laminarienregion** von der Ebbelinie bis 27 m finden sich *Lacuna puteolus*, *Rissoa parva*, *R. interrupta*, *R. labiosa*, *Phasianella pullus*, auf *Zostera*; *Trochus cinereus*, *Magus ziziphinus*, *Acmaea virginea*, *Modiola modiolus*, *Nucula nucleus* auf schlammigem Kiesgrund; *Turritella*, *Corbula nucleus*, *Syndosmya alba*, *Dentalium*

tarentinum, Ophiocoma rosula auf sandig-schlammigen Stellen; *Solen pellucidus* und *Mactra subtruncata* auf Sand; *Chiton asellus* auf Schalen und Steinen; *Echinus miliaris* auf wechselndem Grund, Ascidien und Krebse überall. An schottischen Küsten kommen als häufige Funde hinzu: *Dentalium entalis, Lucina flexuosa, Lima hians, Venus striatula, Ophiocoma chiagii* und lokal *Cardium pygmaeum, Crenella decussata, Bulla akera.*

Die Korallinenregion reicht von 27—75 m. In der oberen Abtheilung von 27—45 m kommen vor: *Trochus ziziphinus, T. tumidus, Chiton asellus, Acmaea virginea, Nassa reticulata, Turritella, Venus ovata, V. fasciata, Pecten opercularis, Modiola modiolus, Crenella, Pectunculus, Nucula nucleus.* Dazu kommen an den Schottischen Küsten: *Astarte sulcata, A. elliptica, Syndosmya intermedia, Lima subauriculata, Leda caudata, Cardium fasciatum, Lucina sinuata.* Ueberall ist *Echinus sphaera* und *Ophiocoma* vorhanden. In der mittleren und unteren Abtheilung der Korallinenregion sind an den englischen Küsten häufig nur: *Solen pellucidus, Pecten varius, Modiola modiolus, Dentalium tarentinum.* Dagegen sind an den schottischen Küsten verbreitet: *Terebratula caput serpentis, Crania norvegica, Dentalium entalis, Nucula nucleus, Astarte sulcata, Leda caudata, L. pygmaea, Mactra elliptica* und *Modiola modiolus.*

Zwischen 75—110 m, am Rand der Region der Tiefseekorallen ist an den englischen Küsten *Cardium suecicum* häufig. In der Schottischen See finden wir: *Nucula tenuis, N. decussata, Venus fasciata, V. ovata* und *striatula var., Turritella, Leda caudata, Syndosmya intermedia, Lucina spinifera, Dentalium entalis, Ditrupa, Astarte, Echinus norvegicus.*

Um schliesslich noch eine Zonengliederung des Tropenmeeres hier zu erwähnen, will ich die Regionen der Küsten des Rothen Meeres nach O. Fraas[1]) schildern:

I. Region 10 Schritt breit am sandigen Ufer, bewachsen mit einem Walde braungrüner Algen, dazwischen *Patella sp., Nerita albicilla, Columbella mendicaria, Oliva funebralis,* in Löchern der Felsen *Ophiocoma,* in Tümpeln *Grapsus, Gelasimus.*

II. Region. Auftreten becherförmiger Algen, vereinzelt noch *Columbella,* häufig: *Natica melanostoma, Cerithium maculosum, Strombus gibberulus, Turbinella cornigera,* die Region ist auch nur wenig Schritt breit; dann folgt die

III. Region. Die Algen werden seltener, sind violett, karminroth, anilinblau. Hier lebt *Echinus, Diadema,* Ascidien, Phallusien, *Pinna, Meleagrina;* umherkriechen: *Dolium pomum, Terebra caerulescens, Ricinula tuberculata, Trochus.*

200 Schritt vom Meere beginnt die

IV. Region, welche auch bei Ebbe vollkommen unter Wasser bleibt. Hier lebt *Balanus, Chama, Ostrea.*

Endlich folgt die VI. Region und damit beginnt das eigentliche Madreporenriff.

---

1) O. Fraas, Aus dem Orient S. 185.

Sobald man die lokal durchaus giltigen Tiefenzonen auf ein etwas entfernteres Gebiet desselben Meeres anwenden will, ergeben sich mehr oder minder bedeutende Abweichungen, und seitdem man mit dem Schleppnetz in grösseren Tiefen zu dredgen begonnen hat, seitdem man vergleichende Untersuchungen über verschiedene Küsten ausdehnte, ist der Werth solcher Zonengliederung immer mehr illusorisch geworden.

Wir haben in früheren Abschnitten gezeigt, dass eine ganze Reihe von Faktoren die Vertheilung der Organismen im Meere bestimmen, und unter diesen ist die absolute Tiefe eines der nebensächlichsten Momente. In dem folgenden Theil über „Die Lebensweise der Meeresthiere“ wird man fast auf jeder Seite Beispiele dafür finden, dass eine grosse Zahl von Meeresthieren in sehr wechselnden Tiefen leben, und daraus geht hervor, dass die Meerestiefe ohne grundlegende Bedeutung sein muss.

Betrachten wir die Verhältnisse der gegenwärtigen Meere, so sehen wir eine submarine topographische Grenze in der Kontinentallinie gegeben. Durch diese Linie wird das Gebiet der Küstenstufe oder der Kontinentalstufe geschieden von dem Gebiet der tiefen Meeresbecken. Zwar sind Flachsee und Tiefsee durch viele Uebergänge verknüpft, allein im Allgemeinen lassen sich bestimmte Gegensätze zwischen beiden Extremen leicht nachweisen.

	Flachsee	Tiefsee
Belichtung:	durchlichtet	dunkel
Vegetation:	reiche Flora	pflanzenlos
Wasser:	bewegt	ruhig
Facies:	wechselnd, oft felsig	gleichbleibend
Temperatur:	wechselnd	unverändert
Salzgehalt:	wechselnd	gleichmässig.

Wir können auf die Bionomie der Tiefsee erst später eingehen und wollen hier die wichtigsten Charaktere der Flachseefauna nach vorstehendem Schema hervorheben:

Kein zweiter Lebensbezirk des Meeres zeigt eine solche Mannichfaltigkeit der Existenzbedingung neben- und übereinander, keine Zone ist im Laufe der Erdgeschichte so oft und so beständig verändert worden wie die Flachsee. Eingeschaltet zwischen das Festland und das offene Meer, steht die Flachsee vermittelnd da zwischen dem Gebiet der luftathmenden Organismen und dem Reich der wasserathmenden Lebewesen. Die Verhältnisse des Festlandes und des Ozeans greifen überall ineinander, stets wechselt das Meer seine Grenzen und damit wandert die Flachsee von einer Stelle der Erdrinde auf eine benachbarte hinüber. Wo vorher die üppige Flora festländischer Wälder blühte, da tummeln sich bald darauf die abenteuerlichen Geschöpfe des Meeres, Algenwiesen werden trocken gelegt und von der Landfauna in Besitz genommen.

Die Flachsee ist nach PFEFFER[1]) die Heimath aller irdischen Lebewesen, und von ihr aus wurde nicht nur das Süsswasser und das Festland, sondern auch das offene Meer und die Tiefsee bevölkert.

---

1) PFEFFER, Versuch über die erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Thierwelt. Hamburg 1891.

Alterthümliche Thiere [1]), wie *Trigonia, Limulus, Lingula, Nautilus, Amphioxus, Cestracion* finden sich im seichten Wasser der Flachsee, während die Tiefsee mehr mesozoische und känozoische Typen uns darbietet.

Als ersten Charakter der Flachsee erkannten wir die Durchlichtung. Infolgedessen sind alle lichthungrigen Thiere Bewohner der Flachsee, chlorophyllhaltige Thiere gedeihen, wie in einem früheren Abschnitte besprochen wurde, hier am besten.

Freilich darf man nicht annehmen, dass die Thiere der Flachsee alle das kräftige Licht lieben. Selbst die mit wohlentwickelten Augen versehenen Schnecken verbergen sich am Tage meist unter Steinen und werden erst Nachts lebendig. Ebenso wie die Thiere des Plankton am Tage das Licht fliehen und tiefere Meeresschichten aufsuchen, so sind die meisten Flachseethiere Dämmerungsbewohner, welche erst bei beginnender Dunkelheit lebhaft herumkriechen.

Die bunte Färbung vieler Flachseethiere darf wohl als mittelbare Folge des Lichtes aufgefasst werden. Die Mehrzahl der Tiefseethiere sind zwar mit grellen Farben versehen, allein sie entbehren der Farbenzeichnung, welche eine Eigenthümlichkeit der Fauna des flachen Wassers ist. FORBES [2]) sagt auf Grund seiner Studien im Aegäischen Meere: Die meisten Schalen der in der untersten Zone lebenden Mollusken sind weiss oder durchsichtig, nur wenige sind gefärbt. In der siebenten Region sind weisse Formen ebenfalls noch vorherrschend, doch nicht so ausschliesslich wie in der achten Zone. Braunroth, die vorwiegende Farbe der Brachiopoden, giebt der Fauna dieser Zone die Farbe; die darin lebenden Krebse sind roth. In der sechsten Zone werden die Farben leuchtender; rothe oder gelbe, gleichmässig gefärbte Schalen überwiegen. In der fünften Region sind manche Arten mit Bändern oder Adern verschiedener Farben gezeichnet, und die Zahl der weissen Farben hat sehr abgenommen. In der vierten Zone sind purpurne Farben häufig und Farbenkontraste verbreitet. In der dritten und zweiten Region kommen grüne und blaue, bisweilen sehr lebhafte Farben vor, aber die frischeste Farbencombination findet sich in der Litoralzone ebenso wie das glänzendste Weiss. Die Thiere der Mollusken und Radiaten der höheren Zonen sind viel brillanter gefärbt als die der tieferen Regionen, wo das Fleisch durchgängig weiss ist, selbst wenn die Schale gefärbt erscheint. Ein Beispiel solcher brillanter Färbung von Schale und Körper ist *Trochus*; während die litoralen Formen mit bunten Zeichnungen bedeckt sind, erscheinen die Thiere der tiefer lebenden Arten in gelben, röthlichen oder weissen Tönen, obwohl die Schale auch hier noch bunt ist.

Direkt abhängig vom Licht ist das Pflanzenleben, welches in so reicher Formentwicklung die Flachsee bedeckt. Alle Thiere, welche als Pflanzenfresser leben, sind infolgedessen Bewohner der Flachsee. Aber selbst viele Fleischfresser sind auch an die flachen Gebiete gebunden, dadurch, dass sie sich von jenen Pflanzenfressern nähren. Die räuberischen Krebse, die Mehrzahl der Fische sind Bewohner der Flachsee, denn hier finden sie die kleineren Meeresthiere ihrer Nahrung.

---

1) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake S. 156.
2) Brit. Assoc. Rep. 1843, S. 172.

Selbst Schlammfresser leben in grosser Zahl zwischen den Meerespflanzen, welche ihnen Schutz gegen den Wellenschlag und gegen Verschiebung des lockeren Sedimentes gewähren. Wie reich ist die Fauna der Tanggebüsche; von den Wurzelfortsätzen bis hinauf zu den Blattspitzen ist Alles belebt; Muscheln, Schnecken, Bryozoen, Polypen und Protozoen leben hier in Menge.

Eine reiche Fauna lebt zwischen den rothen Kalkalgen des Golfes von Neapel[1]), zarte Polypenstöckchen wachsen darauf und sind für die Krebse *Pisa, Maja, Lambrus, Inachus* willkommene Leckerbissen. Die meist röthlichgefärbten Krabben sind oft selbst mit Kalkalgen und Polypen bewachsen und so trefflich geschützt gegen die Nachstellungen ihrer Feinde. Der kleine feuerrothe Krebs *Bilumnus hirtellus* versteckt sich äusserst geschickt zwischen den Algenknollen, und kleine rothe *Chiton* sind auf der Algenunterlage kaum zu erkennen. *Pecten*arten, meist roth oder violettgefärbt, leben in grosser Anzahl auf den Algenlagern und fliegen bald munter herum, bald fixiren sie sich mit ihren Mantelrandfäden, um einer Wasserströmung Widerstand zu leisten. *Arca* bohrt sich mit Vorliebe in *Lithothamnium*knollen ein und oft sitzen auf einer Knolle 10—20 Individuen, jung und alt bei einander. Das grosse Heer der übrigen Thiere von 10 cm. grossen *Lima* bis zu millimeterbreiten *Nucula*rten, vom faustgrossen *Trochus* bis zur kleinsten *Turritella*, *Lima*, *Spondylus*, Echiniden, Asteriden, *Commatula*, *Eschara*, *Lepralia*, *Flustra* und viele Krebse kann ich hier nur erwähnen.

Zwischen den Gebüschen der zierlichen Florideen, welche felsige Meeresgründe überziehen, und deren Fauna reiche Anpassungen an ihre Umgebung zeigt, herrschen ganz ähnliche Verhältnisse.

Als einen weiteren Faktor der Flachsee nannten wir die Wasserbewegung. Zwar äussert sich die Brandung am Strand am heftigsten, allein das Gebiet der Kontinentalstufe ist überall von Strömungen und Wellen beinflusst; selbst eine Welle von 1 m Höhe äussert sich noch in 200 m Tiefe in merkbarer Weise. Zwar schwächt sich die Intensität der Strömungen nach der Tiefe zu immer mehr ab, allein im Gebiet der Flachsee erstreckt sich die Wirkung derselben meist bis zum Meeresboden. Infolgedessen finden wir erstens in der Flachsee viele Pflanzen und Thiere mit überaus elastischen Geweben. Die Spongien, Aktinien, Ascidien und Würmer, welche es verschmähen, ihre Weichtheile mit schützenden Panzern zu umgeben, besitzen lange prosenchymatöse Gewebselemente, wie die Lianen des Urwaldes. Ebenso ist das knorpelige Gewebe der Tange eine Einrichtung, um selbst bei heftiger Brandung Verletzungen der Pflanzentheile zu verhüten.

Die Mehrzahl der Flachseethiere schützt sich aber durch kalkige Panzer gegen den Angriff der Wellen. Die Gehäuse der Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, die Panzer der Krebse und Panzerfische, die Gehäuse der Seeigel, die Skelette der Seesterne, Crinoiden, Knochenfische, die Kalkgerüste der Korallen und Bryozoen sind Einrichtungen des Schutzes, und je heftiger die Brandung, je intensiver die Strömung ist, desto kräftiger werden diese Kalkabscheidungen.

---

1) J. Walther, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1885, S. 235.

Die wesentliche Bedeutung[1]) der Schale ist die eines Schutzapparates und diese kann natürlich umsomehr erfüllt werden, je stärker und umfangreicher die Schale erscheint. Es ist in dieser Beziehung nicht ohne Interesse, wenn wir wahrnehmen, wie im Allgemeinen bei den die Küste bewohnenden Mollusken eine dickere und festere Beschaffenheit der Schale vorkommt, als bei den Bewohnern der Tiefe. Alle Muscheln, Schnecken, Krebse, Korallen, welche man aus grossen Tiefen erbeutet, haben halbdurchsichtige, zarte und leicht zerbrechliche Panzer.

Wir hätten endlich als wichtigen Charakter der Flachsee die wechselnde Beschaffenheit der Facies, der Wassertemperatur und des Salzgehaltes zu erwähnen. Wenn wir dazu noch den wechselnden Vegetationscharakter rechnen, so sehen wir die Flachsee als das Gebiet der mannichfaltigen Existenzbedingungen. Infolgedessen ist die Fauna der Flachsee unendlich viel reicher als die der Tiefsee oder des offenen Meeres. Denn während hier die Existenzbedingungen auf ungeheuere Erstreckung unverändert die gleichen bleiben, wechselt die Natur der Flachsee von einer Meeresbucht zur andern. Die Mehrzahl[1]) der für die marine Fauna und Flora der Gegenwart charakteristischen Formen findet sich innerhalb der Kontinentallinie. Dann folgt eine neutrale Region mit einer gemischten litoralen und abyssalen Fauna und darauf die monotone Fauna der Tiefsee.

1) Bergmann u. Leuckart, Vergl. Anatomie u. Physiologie, 1855, S. 379.
2) A. Agassiz, Blake I, S. 143.

14. Aestuarien und Relictenseen.

Wir haben in einem früheren Abschnitt gezeigt, dass ein Theil des Halobios am Strande auf der Einwanderung in das Festland begriffen ist. Die dort erwähnten, über der Fluthlinie, ja selbst über der Brandungsgrenze auftretenden Pflanzen und Thiere bedürfen zu ihrem Gedeihen nicht mehr das flüssige Element als Wohnort, sondern sind nur noch an die Nähe des Meeres gebunden. Ja die Landkrabben sind gleich manchen Schnecken soweit in das Festland hineingedrungen, dass wir sie schon zum Geobios rechnen müssen.

Es ist begreiflich, dass nur wenige Thiere oder Pflanzen im Stande sind, direkt das Meer mit dem trockenen Lande zu vertauschen. Denn sie geben nicht nur den Salzreichthum, sondern auch den Aggregatzustand ihres Lebenselementes auf.

Leichter scheint sich der Uebergang vom Meere nach dem Süsswasser zu vollziehen. Hier bedarf das Thier nur einer bedeutenden Widerstandskraft gegen den verminderten Salzgehalt des Wassers, um sich rasch in dem neuen Wohnort einzubürgern. Und so wollen wir in diesem Abschnitt betrachten, wie sich die Meeresfauna gegenüber den Wasserwegen verhält, welche vom offenen Meere in das Innere der Festländer hineinführen.

Bei jeder geologischen Verlagerung des Küstengebietes, besonders aber dann, wenn ein Meer sich zurückzieht und grössere Strecken ehemaligen Meeresbodens zu Festland werden, gliedern sich Meeresbuchten von kleineren oder grösseren Dimensionen vom Meere ab und werden auf das Gebiet des neuen Landes mit hinübergenommen.

Und selbst bei ruhendem Meeresspiegel bietet der Unterlauf grösserer Flüsse durch sein Delta und sein Aestuarium so allmälige Uebergänge zwischen Meer- und Süsswasser dar, dass ein Theil der Meeresfauna leicht in ein salzärmeres oder salzfreies Element einwandern kann. Um jene, in einem späteren Abschnitt noch zu besprechenden geologischen Veränderungen in allen ihren Folgewirkungen recht beurtheilen zu können, und um uns ein Urtheil zu bilden über die Besiedelung des Festlandes aus dem Halobios, wollen wir hier die verschiedenen Erscheinungen jenes Ueberganges vergleichend betrachten.

Nicht die gesammte Meeresfauna vermag eine Verminderung des Salzgehaltes zu ertragen, die meisten Thiere werden dabei zu Grunde gehen. Es sind nur die in einem früheren Abschnitt besprochenen

euryhalinen Thiere, welche im Stande sind, ihre salzige Heimath zu verlassen. Wir haben euryhaline Thiere aus fast allen Thiergruppen kennen gelernt, aber es sind doch nur wenige Formen, und damit hängt es auch in erster Linie zusammen, dass die Süsswasserfauna unendlich viel thierärmer ist als die Fauna des Meeres.

Allein mit Recht macht SOLLAS[1]) darauf aufmerksam, dass in dem Salzgehalt des Meeres, bezw. der Salzarmuth des Süsswassers nicht der einzige und wesentliche Grund für die Armuth der Süsswasserfauna zu suchen ist. Wir haben bei einer früheren Gelegenheit die Versuche BEUDANTS besprochen, und die Versuche neuerer französischer Biologen, welche Meeresthiere durch langsame Aussüssung des Seewassers allmälig an den Mangel des Salzes gewöhnten. Diese Versuche zeigen, dass eine langsame Austauschung des Wassers den Meeresthieren so wenig schadet, dass die Sterblichkeit kaum grösser ist, als bei einer gleich grossen Anzahl im Seewasseraquarium gehaltenen Exemplaren.

Andere Versuche haben die bemerkenswerthe Thatsache ergeben, dass Krebse, welche einen Wandel im Salzgehalt des Wassers nicht ertrugen und starben, doch Eier produzirten, welche sich unter verändertem Salzgehalt gut entwickelten und ruhig weiterlebten. Es werden also selbst im Laufe eines kurzen Versuches Schädigungen, welche das Leben des Individuum gefährden, doch von der Art nicht empfunden, so dass auf diesem Weg eine Anpassung an neue Verhältnisse leicht vor sich gehen kann.

Kaum ein zweites Thier sollte gegen den Salzgehalt des Wassers so empfindlich sein, wie eine Meduse, und doch bemerkt ROMANES[2]) der in einem Becken mit *Victoria regia* in London die merkwürdige Süsswassermeduse *Limnocodium* entdeckte: wenn ein Thier so ausserordentlich unempfindlich gegen Süsswasser war, wie eine Meduse, welche sich an das Leben im salzfreien Wasser vollkommen gewöhnte und trotzdem nach dem Einsetzen in sein ehemaliges Lebenselement sofort stirbt, so können wir nicht verstehen, warum nicht jedes andere Thier im Lauf der Zeiten sein Lebenselement gewechselt hat.

Man hat auch die Armuth der Süsswasserfauna damit zu erklären versucht, dass man auf die ungünstigen klimatischen Verhältnisse des Süsswassers hinwies.

Wenn man den heftigen Kampf ums Dasein bedenkt, den die Thierwelt der Flachsee untereinander kämpft, so könnte man erwarten, zahlreiche marine Thiere auf der Wanderung in die Mündungen grosser Flüsse begriffen zu finden, und vielleicht jeden Fluss durch eine besonders abgeänderte marine Fauna ausgezeichnet zu sehen. Woran liegt es, dass dem nicht so ist?

SOLLAS betont, dass der gewöhnliche Weg, auf welchem marine Thiere über ein grösseres Areal verbreitet werden, das planktonische Larvenleben ist. Die Besiedelung des Meeresbodens mit benthonischen Formen ist jedenfalls hauptsächlich auf diese Weise vor sich gegangen. Aber in ein Flusssystem können diese zarten planktonischen Larven, welche nur mit dem Strome treiben, nie gegen den Strom schwimmen,

1) Trans. R. Dublin Society, III, II, S. 88 f.
2) ROMANES, Nature 1880, Juni.

überaus schwer hineingelangen. Infolgedessen musste das Mittel, welches die Natur im Meere anwendet, um das Wasser zu beleben, im Süsswasser unbrauchbar werden. Denn selbst wenn es einem Thier gelungen war, im Unterlauf eines träge dahinfliessenden Stromes sich anzusiedeln, so wurden doch die daselbst produzirten Jugendformen durch die Strömung wieder hinaus in das Meer getrieben.

Nach CREDNER[1]) giebt es 5 Transportmittel für die passive Einwanderung von Meeresthieren in Süsswasserströme:

1) durch Sturmfluthen und Orkane werden häufig Süsswasserseen nahe dem Strande mit Salzwasser erfüllt und marine Thiere mit hineingeführt;
2) tragen Wanderfische angeheftete oder parasitische Thiere mit in die Flüsse. *Idotea entomon* wird, angeklammert an Störe, in die sibirischen Flüsse eingeführt; *Balanus* wandert angeheftet an das Brustschild von Krebsen den Dniester hinauf;
3) führen schwimmende Holzstücke, Schiffe etc. *Dreissena* und *Cordylophora* in den Oberlauf deutscher Flüsse, *Balanus improvisus* bis nach Greifswald;
4) tragen Stürme und Wirbelwinde litorale Thiere weit landeinwärts;
5) bringen Seevögel an ihren Federn, im Kropf, im Magen, an den Füssen kleinere Meeresthiere oder deren Eier in das Festland hinein. So fanden DE FILIPPI und GIOGLIOLI an den Federn eines Sturmvogels *Ornitholepas australis.*

Nektonische Fische konnten leicht in die Ströme gelangen, deshalb sind sie überall zu finden; auch Krebsen gelang es, die Strömung zu überwinden.

Bei den meisten Süsswasserthieren beobachtet man, dass sie nicht freischwimmende Larvenformen besitzen, sondern dass die Jugendformen in ruhenden Eikapseln oder im Mutterleibe ihre Ausbildung erhalten. SOLLAS vermuthet, dass alle Süsswasserthiere einstmals im Meere sich phanerogen entwickelten, und dass sie seit ihrer Einwanderung durch Auslese kryptogen geworden sind.

Unter solchen Umständen erscheint uns die Süsswasserfauna in einem neuen Licht, und die strömenden Flüsse behalten ihren Werth als Wege der Einwanderung mariner Thiere in das Festland nur für nektonische Organismen oder für solche Formen, welche z. B. an Fremdkörpern angeheftet mit der Fluth in den Unterlauf der Flüsse gelangen, wie *Dreissena, Cordylophora* und die im Hurreegonga in Bengalen gefundene *Nausitora Dunlopei*[2]), welche mit *Teredo* nahe verwandt ist.

Wir bezeichnen mit dem Worte Aestuarium, in der Bedeutung, welche das Wort früher gehabt hat, denjenigen Theil des Unterlaufes eines Flusses, der unter dem Einfluss des Meeres steht. Die Grenze der Küste und der Aestuarien fällt also zusammen. Das Küstengebiet umfasst diejenige Zone des Festlandes, welche in Beziehung zum Ozean steht, das Aestuarium den entsprechenden Theil eines Flusses.

1) CREDNER, Petermann's Mitth. Erg. Nr. 86, S. 82.
2) WRIGHT, Trans. Linn. Soc. 1864, S. 451.

Der Einfluss des Meeres macht sich in den Aestuarien besonders bemerkbar durch das Eindringen der Fluth. Sind die Gezeiten an einer Küste bedeutend, dann dringen sie auch tief in das Aestuarium ein. An den Ufern des Mittelmeeres oder der Ostsee dagegen ist ihr Einfluss gering. Das Gebiet des Aestuarium, innerhalb dessen die Gezeiten merklich sind, heisst das Flussgeschwelle[1]).

Am Ganges[2])	reicht das Flussgeschwelle	110 km	bis Calcutta
am Hudson	„ „ „	230 „	„ Albany
am St. Lorenz	„ „ „		„ Grondine
am Amazonas	„ „ „	700 „	„ Obidos
am Yangtsekiang	„ „ „	800 „	„ Hankou.

Das Eindringen der Fluth geschieht mit sehr grosser Kraft. So konnte ich bei Diamond-harbour im Gangesdelta mit zwei Ruderern nicht stromabwärts fahren, weil uns die Fluth unwiderstehlich stromaufwärts trieb.

Auch der Gezeitenunterschied wird im Flussgeschwelle oft ein höherer als an der Küste des offenen Meeres. In dem Aestuarium des Codiakflusses wird die Fluth 21,3 m hoch. Aber selbst wenn die Fluth nicht so tief und mit solcher Gewalt in das Aestuarium eindringt, so werden doch durch den Windstau und andere Verhältnisse die Wasser des Meeres und des Flusses beständig oder zeitweise miteinander gemischt.

Das leichtere Süsswasser hält sich mehr an der Oberfläche, das schwere Seewasser ist mehr am Boden, aber beständig sind in den Aestuarien die Bedingungen für das Einwandern der marinen Thierwelt gegeben.

An der Kongomündung[3]) findet man *Galatea, Gelasimus, Balanus, Teredo* weit oben im Brackwasser.

In unsere mitteleuropäischen Flüsse ist *Cordylophora* und *Dreissena* hineingewandert. In Trinidad findet man in trinkbarem Flusswasser noch marine Thiere; v. Kennel[4]) beobachtete Mytilaceen in ganzen Bänken, welche Baumstämme am Ufer bedeckten und bei Ebbe der heftigen Sonnenhitze ausgesetzt waren. Eine kleine *Pholas* bohrte im Holz der Bäume, eine *Lumbriconeis* und zahllose Nereiden waren zu sehen, *Aega, Palaemon, Mysis* und *Atya* vertraten die Krebse, und zwischen den Pflanzen schwammen kleine Medusen von 2—3 mm Durchmesser herum. Alle diese marinen Thiere fanden sich aber nur so weit, als das Wasser vollkommen stehend war.

Zahlreiche Fische[5]) wandern periodisch oder gelegentlich aus dem Meer in die Flüsse hinein, so *Acerina, Anguilla, Pleuronectes, Salmo, Accipenser, Alausa, Petromyzon.*

Wenn Theile des Meeres vom offenen Meere theilweise abgetrennt werden, so dass sie nur noch durch enge Strassen mit ihm zusammenhängen, so wird je nach dem Klima, der Salzgehalt dieser Nebenmeere grösser oder kleiner sein. Strömen viele Süsswasserströme in dieselben hinein, so wird der Salzgehalt vermindert und

1) Kruemmel, Ozeanographie II, S. 160.
2) Berghaus, Physik. Atlas, Hydrographie V, 20.
3) Studer, Zeitschrift für Erdkunde 1876, S. 94.
4) v. Kennel, Arb. aus d. zool. Institut Würzburg VI, S. 16.
5) v. d. Borne, Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches S. 4.

es entstehen Verhältnisse, wie wir sie von der Ostsee oder dem Schwarzen Meere kennen.

Betrachten wir zuerst eine Meeresbucht, welche in ihrem unteren Theil noch reines Meerwasser, weiter oben aber brackisches Wasser enthält, so finden wir ein ausgezeichnetes Beispiel im „Etang de Berre", jener Bucht zwischen Marseille und dem Rhonedelta, welche durch einen schmalen Kanal, den Etang de Caronte, mit dem Meere zusammenhängt, während eine Anzahl kleiner Flüsse von Norden in denselben hineinmünden.

Von der Mündung bis zum hinteren Ende findet man auf dem Litoral die gewöhnliche *Litorina neritoides*, weiter entfernt *Truncatella truncatula*, *Alexia myosotis* und in den weniger salzreichen Gebieten *Paludestrina acuta*. Die überspülten Gebiete zeigen enger begrenzte Faunen. So leben in dem Etang de Caronte, welcher den Etang de Berre mit dem Meer verbindet, einige Mollusken, welche nicht tiefer hineindringen. Auf Steinen findet man *Patella coerulea*, am Grunde des maritimen Kanals *Mytilus galloprovincialis*, *Nassa reticulata*, *Cyclonassa neritea*, *Tapes aureus*, *T. petalinus*, *Philine aperta*, sehr kleine *Murex erinaceus*, *Turritella communis*.

Man kann in dem eigentlichen Etang de Berre 4 Regionen unterscheiden:

1) Zuerst die Litoralzone mit Felsen und Pflanzen; hier findet man: *Mytilus galloprovincialis*, *Trochus adriaticus*, *Rissoa lineolata*, *Rissoa oblonga*, *Cyclonassa neritea*, *Loripes lacteus*, *Cardium exiguum*, *Chiton marginatus*. In dem Maasse, als der Salzgehalt sich vermindert, verschwinden *Chiton* und *Trochus*, während *Cyclonassa* und *Rissoa oblonga* wohlgedeihen und *Syndosmya alba* auftritt.

2) Die Sandflächen; hier lebt *Cyclonassa*, wenn auch weniger zahlreich, dafür sind häufig: *Corbulomya mediterranea*, *Tellina exigua*, *Syndosmya ovata*, *Cardium Lamarkii*.

3) Die Zosterawiesen reichen bis 5 m Tiefe und gewähren einen sehr eintönigen Charakter. In kleinerer Zahl tritt *Mytilus galloprovincialis* auf, während der kleine *Mytilus cylindraceus* häufig wird. Grosse *Rissoa oblonga* finden sich selbst, wenn das Wasser fast süss geworden ist. Sodann: *Cardium exiguum*, *Bittium paludosum*, *Cyclonassa neritea*, *Nassa reticulata*, *Rissoa lineolata*.

4) Die sandigen Schlammgründe von 5—10 m Tiefe sind bewohnt von Bänken von *Mytilus galloprovincialis*. Durch das Aussüssen des Wassers scheinen zwei Muscheln, deren todte Schalen man oft am Ufer findet, ausgestorben zu sein, nämlich *Pecten glaber* und *Modiola adriatica*. Auch *Ostrea edulis* ist im Verschwinden. Dagegen gedeihen hier: *Gastrana fragilis*, *Loripes lacteus*, *Cardium Lamarkii*, *Mytilus cylindraceus*, *Tapes aureus*, *Tapes petalinus*, *Tapes texturatus*, *Bittium paludosum*, *Nassa reticulata*, *Corbula gibba*, *Rissoa oblonga*, *Cyclonassa neritea*.

Wir sehen also hier eine Kombination verschiedenartigster Faunen in demselben kleinen Meeresraum zusammengedrängt, wie sie grössere Nebenmeere auf grössere Entfernung nebeneinander zeigen.

---

1) Marion, Comptes Rend. Acad. Paris 1887, II, S. 71.

Auch die pelagische Thierwelt findet man im Innern von Lagunen und theilweise ausgesüssten Meeresarmen. Im Canale grande, Porto di Lido und Porto di Chioggia fand IMHOF[1]) von Protisten: *Ceratium furca, C. tripos, Goniodoma acuminatum, Dinophysis homunculus, Peridinium Michaelis* und *P. divergens.* Ausserdem zahlreiche Larven von Tunikaten und Mollusken, Hydrachniden, Echinodermen, Würmern und Copepoden, Sagitten, Radiolarien und *Noctiluca.*

Aber viel günstiger für die Anpassung der marinen Thiere an salzarmes und salzfreies Wasser sind die Verhältnisse in solchen Nebenmeeren, deren eine Hälfte Salwasser enthält, während die nach dem Lande zu hineintretenden Buchten durch Süsswasserströme gespeist werden. Die Ostsee ist, wie wir früher gezeigt haben, ein Nebenmeer, dessen Salzgehalt von Westen nach Nordosten immer mehr abnimmt, bis an den Finnischen Küsten beinahe Süsswasser vorkommt. Das schwere Salzwasser dringt am Boden der Ostsee aber weiter hinein, als die Dichte des Oberflächenwassers vermuthen lässt.

So finden wir in der Ostsee[2]) eine rein marine Krebsfauna etwa bis in die Gegend von Kalmar. Allmälig verschwinden die stenohalinen Nordseeformen; *Evadne Nordmanni*, welche vorher überaus häufig war, wird durch *Bosmina longirostra* ersetzt; *Podon intermedius*, eine sehr euryhaline Form, ist zahlreich, und je mehr man nach dem Golf von Finnland vordringt, desto seltener werden marine Formen, bis endlich die planktonische Krebsfauna durch Süsswasserformen, wie *Cyclops quadricornis, Daphnella brachyura, Daphnia quadrangula, Bosmina longirostris* gebildet wird.

Der geringe Salzgehalt der Ostsee wirkt verkrüppelnd auf viele der darin lebenden Thiere. *Pectinaria belgica*, welche bei Arendal 12 mm dick ist, erreicht bei Kiel nur einen Durchmesser von 5 mm. Ein anderer Wurm *Travisia Forbesii* ist an der Norwegischen Küste 7 mm dick und 26 mm lang, während er bei Warnemünde nur 4 mm dick und 15 mm lang wird.

Mytilus edulis ist bei Kiel noch 8—9 cm lang, bei Gotland dagegen nur 3—4 cm. *Mytilus* und *Tellina baltica* scheiden weniger Kalk in ihrer Schale ab, welche dünn und häutig wird. *Mya arenaria, Tellina baltica* und *Cardium edule* werden im östlichen Theil der Ostsee nicht viel kleiner als in dem Westbecken, weil sie auch hier in den geringeren salzärmeren Tiefen leben.

Cardium edule[3]), welche in der Nordsee die Grösse eines kleinen Apfels erreicht, wird bei Stockholm in tiefem Wasser walnussgross, am Strand in dem salzärmeren Oberwasser aber noch kleiner. Bei Königsberg sind die Exemplare von der Grösse einer Haselnuss, bei Reval nur noch erbsengross. Auch Fische werden in der Ostsee viel kleiner als in der Nordsee, so *Gadus Callarias, Cyclopterus Lumpus, Esox Bellone, Cottus scorpius.*

Während gegenwärtig in der Ostsee Austern nicht mehr leben, findet man ihre Reste in den prähistorischen „Küchenresten“ der Dänischen Inseln, in denen man *Ostrea edulis, Cardium edule, My-*

1) Zool. Anzeiger 1886, S. 101.
2) POUCHET ET DE GUERNE, Compt. Rend. Acad. Paris 1885, T. 100, S. 919.
3) VON BAER, Bull. Acad. Sc. St. Petersburg IV, S. 36, 123.

tilus edulis, Litorina litorea mit *Venus palustra, Buccinum reticulatum* und *B. undatum* beobachtet.

Wir finden in der Geschichte der Ostsee den Schlüssel für ihre eigenthümliche Thierwelt. LOVÉN[1]) schreibt darüber:

Die innere Ostsee nördlich und östlich einer Linie, die von Schonen nach Rügen gezogen wird, war einst ein östliches Eismeer, das mit dem weissen Meer in direkter Verbindung stand und die Thierformen desselben in sich aufnahm. Die Fundstellen fossiler Schalenreste bei Stockholm und Upsala geben davon Zeugniss. Dann wurde die Ostsee im O. resp. NO. abgesperrt, das Süsswasser nahm überhand, die meisten ihrer arktischen Thiere gingen zu Grunde, Süsswasserthiere wanderten aus den Flüssen in sie hinein und zugleich, vielleicht langsamer, zogen einige Thiere aus der Nordsee in die Ostsee. Gleichzeitig mit dem genannten östlichen Eismeer war die Nordsee ein westliches, entschieden artenreicheres Eismeer, dessen Fauna uns in den Muschelbänken von Uddevalla noch heute aufbewahrt ist. Nach der Bildung des englischen Kanals wanderten neue Arten von Westen her ein.

Deshalb muss man die Fauna[2]) und Flora der Ostsee als einen verkümmerten Zweig des nordatlantischen Ozeans und des nördlichen Eismeeres betrachten; die Organismen sind seit der Eiszeit eingewandert und seit dieser Zeit haben sich, von einer verschwindend geringen Formenzahl abgesehen, keine neuen Thier- und Pflanzenformen in der Ostsee gebildet.

Auch in dem Fall des Schwarzen Meeres liegen die Verhältnisse nicht so einfach, dass man seine Fauna als eine veränderte Mediterranfauna betrachten dürfte, denn[3]) die gemeinsamen Arten sind kosmopolitische Formen; seine Krebsfauna ist mehr mit der der nordischen Meere verwandt, besonders des Kattegat und Sund, eine Erscheinung, die durch den gleichen Salzgehalt bedingt sein dürfte.

In manchen Fällen ist der Salzgehalt solcher abgetrennter Meeresbuchten höher als der des benachbarten Ozeans; die Fauna solcher Buchten ist meist sehr arm, denn nur wenige Meeresthiere können eine starke Konzentration des Salzes vertragen. In solchen salzreichen Buchten am Rothen Meere ist besonders *Cerithium* häufig.

Einen interessanten Fall der Formveränderung eines Thieres durch konzentrirte Salzlösung, hat SCHMANKIEWITSCH[4]) beobachtet, welcher im Gadjebeischen Liman bei Odessa fand, dass *Branchipus* mit wechselndem Salzgehalt Form und Farbe änderte. Der Beobachter konnte auch künstlich durch Veränderung des Salzgehaltes *Artemia salina* in *A. Mühlhausenii* umwandeln.

Wenn aber endlich die Verbindung einer Bucht mit dem Meere vollständig unterbrochen und das Wasser durch hineinströmende Flüsse gänzlich entsalzt wird, dann entstehen die vielbesprochenen Relictenseen. Zwar haben kritische Untersuchungen R. CREDNER'S[5]) gezeigt,

---

1) BERENDT, Schr. Königsberg. ökon. Ges. 1867, S. 71.
2) REINKE, Deutsche Rundschau, Okt. 1890, S. 79.
3) MARKUSEN, Archiv f. Naturgesch. 1867, S. 362.
4) KOWALEWSKY, Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1872, S. 293.
5) R. CREDNER, Die Relictenseen, Petermann's Mitth. Erg.-Heft 89, S. 28.

dass viele Binnenseen, die man früher unbedenklich als Exklaven des Meeres bezeichnete, nicht hierher gehören, allein die Anzahl der übrigbleibenden echten Relictenseen ist immer noch gross genug. CREDNER findet folgende verschiedenen Bildungstypen:

I. Relictenseen entstanden durch Abdämmung und Isolirung von Meerestheilen vermittelst bis über den Meeresspiegel emporgewachsener Gesteinsbildungen, nämlich:

1) Deltaseen,
2) Strandwallseen,
3) Strandriffseen,
4) Gletscherseen,
5) Meeresbuchten, abgeschnürt durch Torfmoore,
6) Meeresbuchten, abgedämmt durch Vulkaneruptionen,
7) Atollseen.

II. Relictenseen entstanden durch negative Strandverschiebung.

III. Relictenseen entstanden durch Einschrumpfen ehemaliger Mittelmeere.

Seitdem LOVÉN die Fauna der schwedischen Seen als einen Beweis dafür betrachtet hatte, dass dieselben abgetrennte Meeresbuchten seien, hat man auf Grund des Vorkommens mariner Thierarten eine grosse Zahl von Seen als Relictenseen aufgefasst. CREDNER zeigte, dass in vielen Fällen dieser zoologische Beweis nicht stichhaltig sei. Uns interessiren hier anch weniger die aus jenen Faunen gezogenen Schlüsse als die marinen Thierformen selbst, welche man in Binnenseen gefunden hat, mögen sie nun durch Einwanderung oder durch Abschnürung von Meeresbuchten dahin gelangt sein.

Man hat folgende Relicten-Formen lebend in süssen oder salzigen Binnenseen beobachtet:

Protisten	*Achnanthes sp.*
	Actiniscus sol.
	Ceratoneis fasciola
	Goniothecium Marismortui
Spongien	*Lubomirskia Baikalensis*
Medusen	*Medusa Tanganjicae*
	Limnocodium Sowerbyi
Hydroiden	*Cordylophora lacustris*
Würmer	*Dicotylus pulvinar*
	Manayunkia speciosa
	Monotus morgiensis
	Nemertes sp.
	Nereis sp.
	Plagiostoma Lemani
	Planaria Angarensis
Bryozoen	*Membranipora Lacroixii*
Crustaceen	*Acanthopus resistans*
	A. elongatus
	Allorchestes dentatus
	Balanus sp.
	Bosmina diaphana
	Bosmina longispina
	Bythotrephes longimanus

Crustaceen
Ceriodaphnia punctata
Corophium longicorne
Cythere albomaculata
C. lacustris
Daphnella brachyura
Daphnia cristata
D. cucullata
D. galeata
D. hyalina
D. Kahlenbergensis
D. lacustris
D. pellucida
Gammaracanthus loricatus
Heterocope robusta
Idotea affinis
I. argentea
I. elongata
I. entomon
Leptodora hyalina
Limnicythere inopinata
L. Sancti Patricii
Limnocalanus macrurus
Mysis Meinertzhageni
M. oculata var. relicta
Palaemonetes varians
Pallasea cancelloides
Penella sp.
Pontoporcia affinis
P. filicornis
P. Hoyi
Protomedeia pilosa

Mollusken
Adacna edentula
A. plicata
Buccinum reticulatum
Cardium edule
C. rusticum
Cerithium conicum
Didacna crassa
Fissurella sp.
Limnotrochus Thomsoni
Lithoglyphus rufofilosis
L. neritinoides
Lutaria depressa (Scrobicularia piperata)
Melania tuberculata
M. nassa
Melanopsis costata
M. praemorsa
Mytilus sp.
Neothauma Tanganyicense
Patella sp.

Mollusken	*Purpura lapillus*
	Syrnolopsis lacustris
	Voluta sp.
Fische	*Alosa finta*
	Atherina lacustris
	Belone sp.
	Blennius varius
	Bl. vulgaris
	Comephorus Baikalensis
	Coptodon Zillii
	Coregonus leucichthys
	Cottus quadricornis
	Cyprinodon dispar
	C. Hammonis
	C. Moseas
	Cyprinus agone
	Datnioides microlepis
	Engraulis sp.
	Gasterosteus aculeatus
	Gobius fluviatilis
	Hemiramphus sp.
	Megalops sp.
	Mullus sp.
	Petromyzon Wagneri
	Pristis Perotteti
	Salmo migratorius
	Sargus Salvianus
	Sygnathus sp.
	Tetrodon sp.
	Thynnus sp.
	Triglopsis Stimpsonii
	Tr. Thompsoni
	Trutta lacustris
	Tr. salar
Seeschlangen	*Platurus vulcanicus*
Säugethiere	*Halicore* (?)
	Manatus Vogelii
	Phoca annellata
	Ph. caspica.

Grosses Aufsehen hat die Molluskenfauna gemacht, welche E. Smith[1]) aus dem Tanganyka-See beschrieben hat.

Man fand dort die Gattungen:

Tiphobia	*Corbicula*
Paramelania	*Cyrena*
Melania	*Planorbis*
Melanella	*Neothauma*
Paludomus	*Segmentina*
Paludina	*Limnaea*
Unio	*Physa*

1) Nach Sollas l. c., S. 109.

Pleiodon	*Limnotrochus*
Aetheria	*Lithoglyphus*
Spatha	*Syrnolopsis*
Mutela	*Lanistes.*

Mehrere dieser Formen haben nach SMITH einen durchaus marinen Habitus. Nach SOLLAS sind *Limnotrochus* und *Syrnolopsis* aus marinen Gattungen entstanden, während die Mehrzahl der übrigen zu Süsswassergeschlechtern gehören.

Sehr merkwürdig ist es, dass sogar unterirdisch manche Thiere leben können, die sonst nur in Binnengewässern gefunden werden.

In den sprudelnden artesischen Brunnen des Oued Rir in der Provinz Constantine fand ROLLAND[1]) lebend: *Bithynia tentaculata, Hydrobia Brondeli, Hydrobia Peraudieri, Amnicola pycnocheila, Melania tuberculata, Melanopsis Maroccana, Melanopsis praemorsa;* von Fischen: *Chromis Desfontainei, Chromis Zilii, Hemichromis Saharae, Hemichromis Rollandi, Cyprinodon calaritanus;* von Krabben: *Telphusa fluviatilis.*

Bemerkenswerth ist es, dass Krabben, Fische und Mollusken bisweilen aus den artesischen Brunnenröhren, die 80 m tief gebohrt sind, lebend an die Erdoberfläche heraufgebracht werden, so dass man die Ansicht nicht von der Hand weisen darf, dass hier unterirdische Bassins sind, in denen sie lebten.

Wenden wir uns schliesslich zu den bionomischen Verhältnissen der Süsswasserseen, so sind dieselben erst in neuerer Zeit zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gemacht worden. Nach FOREL[2]) unterscheidet man folgende 3 Hauptregionen in Binnenseen:

1) Das Litoralgebiet. Es ist ausgezeichnet durch geringen Wasserdruck, bewegtes Wasser, Temperaturveränderungen von 5—25°, gute Belichtung, harten Boden, reiche Flora. Die Bewohner desselben sind stark gebaut, lebhaft gefärbt, schwimmen gut oder besitzen Haftorgane, um sich festzuhalten. Die Thierwelt des Litorals in den Schweizer Seen ist durch aktive oder passive Wanderungen, nach der Eiszeit, eingewandert.

2) Das pelagische Gebiet. Da dasselbe das offene Wasser von der Oberfläche bis zum Grunde umfasst, so ist der Wasserdruck ein wechselnder, Wasserbewegung ist verschieden, Licht und Temperatur nehmen nach der Tiefe zu rasch ab, eine einfache Algenflora ist vorhanden.

Die Thiere dieser Region sind gute Schwimmer, schwimmen aber nicht rasch, ihr Körper ist durchsichtig, durch wenige Pigmentpunkte gefärbt, sie sind lichtscheu und wandern am Tage in die Tiefe.

Die pelagische Fauna[3]) der Süsswasserbecken ist an Individuen sehr reich; *Daphnia* und *Diaptomus alpinus* trifft man noch 2600 m hoch in den Alpenseen.

Bis in eine Höhe von 1800 m zeigen sich meist 7—16 Arten in dem einzelnen See, höher hinauf wird die Artenzahl geringer. Am

---

1) ROLLAND, Compt. Rend. Acad. Paris T. 93, S. 1090.
2) FOREL, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1878, S. 385.
3) IMHOF, Zool. Anz. 1887, S. 41.

weitesten und allgemeinsten verbreitet sind *Daphnia*, *Cyclops* und *Diaptomus*.

Bosmina fand sich bis 1908 m, *Bothytrephes longimanus* bis 709 m, *Leptodora hyalina* bis 1075 m, *Daphnella brachyura* bis 780 m.

Von Rotatorien findet man *Anuraea longispina* bis 2640 m, *Polyarthra platyptera* bis 2500 m, *Synchaeta pectinata* bis 2307 m, *Asplanchna helvetica* bis 1793 m. Von Protozoen ist *Ceratium hirudinella* bis 1993 m gefunden worden, *Peridinium* bis 2222 m, *Dinobryon divergens* bis 1740 m, *D. sertularia* bis 2500 m Höhe.

Endlich fand man den Copepoden *Heterocope robusta* bis 2680 m im Oberengadin.

3) Die Tiefsee. Hier herrscht starker Wasserdruck und vollkommene Ruhe, eine beständige niedrige Temperatur, schwache Beleuchtung; der Boden ist mit dünnflüssigem Schlamme bedeckt und von wenig Algen bewachsen. In 100 m fand man noch: *Oscillaria subfusca*, *O. versatilis*, *Pleurococcus roseopersinicus* und einige Diatomeen. Die Thiere sind klein, schwächlich, langsam, meist im Schlamme vergraben. Die Fauna entstand aus einer binnenländischen Litoralfauna und ist überall sehr gleichartig.

Man hat mehrfach beobachtet, dass die absolute Grösse der Thiere, welche Süsswasserseen bewohnen, in direktem Verhältniss zu der Grösse des Wasserbeckens steht. Im kleinen Lambathsee [1]) ist das Wasser kalt und arm an Insekten; daher erreichen hier die Saiblinge nur geringe Grösse. Sie werden von den Fischern in den grossen See gesetzt, wo sie rasch zu bedeutender Grösse anwachsen.

Die Mehrzahl der Süsswasserseen steht im Zusammenhang mit dem hydrographischen Systeme der Flüsse; nur in den wenigen abflusslosen Gebieten der Erde haben die Seen eine grössere Selbstständigkeit.

Unter diesen Umständen ist es begreiflich, dass die Fauna vieler Seen ursächlich bestimmt wird von den Wasserläufen, zu denen sie gehören. Die Verbreitung [2]) der Fischarten lässt geradezu Schlüsse ziehen auf Wasserverbindungen in prähistorischer Zeit. Die Analogie der Fischfauna in der Donau mit der in den Zuflüssen des Schwarzen und Kaspischen Meeres, das Fehlen des Zander uud des Wels in den Flüssen des westlichen Europa (Elbe, Ems, Rhein etc.), das Fehlen des *Barbus fluviatilis* in den Küstenflüssen von Pommern und Dänemark, die Uebereinstimmung der Fischfauna des Mississippi mit der in den grossen Seen und dem St. Lorenzstrom, das Fehlen des *Blain Bass* in den atlantischen Flüssen südlich von St. Lorenz, und nördlich vom Roanok River in Nordkarolina, die eigenthümliche Fischfauna der pazifischen Ströme, alles zeigt uns Begrenzungen von Wassergebieten, welche während sehr langer Zeiträume bestanden haben müssen.

Ein Flusssystem wird in seinen Eigenschaften durchaus bestimmt von der Lage und Beschaffenheit der Wasserscheiden. Jede geologische Veränderung im Relief eines Landes beeinflusst die Wasserscheiden,

1) v. Frantzius, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1851, S. 336.
2) M. von dem Borne, Brief vom Nov. 1891.

und jede Veränderung im hydrostatischen Niveau eines Gebietes wirkt ebenfalls verändernd auf die Richtung und Länge der Flüsse ein.

Da nun die meisten Seen mehr oder minder eng mit den Flusssystemen zusammenhängen, da man die „Seenreihe“ geradezu als ein ursprüngliches Stadium der Flussentwicklung betrachtet hat, so ist es verständlich, dass in der Verschiebung[1]) der Wasserscheiden der Grund gelegen ist für eine Reihe von unerwarteten Erscheinungen in der Vertheilung der Süsswasserthiere.

1) Suess, Verh. k. k. geol. R. A. 1880, S. 177.

15. Das offene Meer.

Bei allen bisher besprochenen Lebensbezirken hatten wir darauf hinzuweisen, wie sehr die Fauna und Flora derselben durch die Facies des Meeresbodens beeinflusst wird. Das offene Meer ist unabhängig davon und die Organismenwelt desselben zeigt keine Charaktere, welche Anpassungen an benthonische Verhältnisse erkennen liessen. Auf dem Festland finden wir zwar in den Vögeln und Insekten Thierformen, deren Leben sich grösstentheils im Luftmeer abspielt, und manche derselben berühren nur selten den Boden. Aber diese Thiertypen sind nicht im Stande uns ein richtiges Bild zu geben von der Lebensweise des marinen Plankton und Nekton. Infolge des höheren spezifischen Gewichtes des Meerwassers schweben die planktonischen Wesen und die nektonischen Formen beständig im Wasser, und viele derselben sinken erst als Leichen zum Meeresgrunde nieder.

Die Lebensbedingungen des offenen Meeres zeigen also weder facielle Unterschiede, noch lassen sie Veränderungen im Salzgehalt des Wassers erkennen. Nirgends tritt leichteres Süsswasser in das offene Meer, nirgends wird das spezifische Gewicht durch Flusswasser vermindert oder durch Verdunstung erhöht. Die Klarheit des Wassers wird durch keinen Schlamm getrübt, und keine topographischen Schranken treten der Verbreitung der Organismen hindernd entgegen.

Reines, salzreiches Seewasser umgiebt allseitig die Flora und Fauna, welche das offene Meer bewohnt, und diese Existenzbedingungen sind über das ganze Weltmeer überall gleichmässig verbreitet, so dass der unveränderliche Charakter derselben die kosmopolitische Verbreitung vieler Bewohner des offenen Meeres leicht erklärt.

Mit Rücksicht auf die Durchlichtung des Wassers zerfällt das offene Meer überall in zwei Regionen. Die diaphane Region reicht von der Oberfläche bis etwa 400 m Tiefe. Dann folgt das aphotische Gebiet. Aus Gründen, die wir früher besprochen haben, ist die diaphane Region das Gebiet des Pflanzenlebens. Allein, während Flachsee und Tiefsee durch den Besitz oder das Fehlen benthonischer Pflanzen scharf voneinander getrennt werden können, ist im offenen Meer die Assimilationsgrenze der planktonischen Pflanzen nicht zu gleicher Zeit die wirkliche Verbreitungsgrenze. Denn alle Planktonpflanzen, welche in der diaphanen Region Reservestoffe angesammelt haben, können auf Kosten derselben eine beträchtliche Zeit auch in

dem aphotischen Gebiet leben und wachsen. Infolgedessen hört das planktonische Pflanzenleben im offenen Meere nach der Tiefe zu nicht so plötzlich auf, wie die benthonische Flora der Flachsee, und der Fund von lebenden *Halosphaera*algen in 2000 m ist ein solches Beispiel der Ueberschreitung der Assimilationstiefe.

Wechselnd ist zweitens im offenen Meere die Temperatur des Wassers. Da nur die Sonnenwärme im Stande ist, das Meer vor dem Zufrieren zu bewahren, so ist die Insolation nach der geographischen Breite ein Regulativ für die Vertheilung der Organismen. In verschiedenen Breiten ist die Temperatur des Wassers eine verschiedene, und da wir früher die Minimaltemperaturen als maassgebend in der Vertheilung mariner Lebewesen nachweisen konnten, so regulirt der Verlauf der Isokrymen die horizontale Verbreitung vieler Bewohner des offenen Meeres. Die Isokrymen und Isothermen des Meeres werden aber, wie wir früher gesehen haben, durch die Meeresströmungen sehr wesentlich beeinflusst; und daher kommt es, dass auf der gleichen geographischen Breite die Flora und Fauna zweier offener Meere sehr verschieden sein kann, dass sogar die beiden Seiten desselben Oceans ganz verschiedene Organismen beherbergen. Es mag in dieser Hinsicht bemerkt werden, dass auf beiden Halbkugeln zwischen 10° und 50° Br. links warme Strömungen nach dem Pole zu verlaufen, während rechts kühlere Strömungen nach dem Aequator hinfliessen.

Als dritten bionomischen Faktor in der Vertheilung der Organismen des offenen Meeres, müssen wir die Bewegung des Wassers betrachten. Da die meisten derselben keine Bewegungsorgane haben, welche sie in den Stand setzen, aktiv weite Strecken zurückzulegen, so werden sie durch Wind und Wellen, und durch jede strömende Bewegung des Wassers willenlos mit fortgetrieben. Ihre geographische Verbreitung ist infolgedessen abhängig von den Bewegungsformen ihres Lebenselementes. Die Meeresströmungen sind Gebiete, in welchen das Wasser sich horizontal mit merkbarer Geschwindigkeit bewegt. Da sich die Meeresströmnngen in der Regel auch durch eine andere Temperatur von dem umgebenden Meerwasser unterscheiden, so sind sie wichtige Faktoren in der Verbreitung des Plankton.

Normaler Weise bilden die Meeresströmungen in sich geschlossene Stromkreise, deren einer zwischen 0 und 10° Br., ein zweiter zwischen 10° und 50°, ein dritter zwischen 50° und 80° beiderseits vom Aequator gelegen ist. Bemerkenswerth ist es, dass auf den Meridianen die Strömungen nur längs der Küsten verlaufen, während sie anf Breitengraden auch die Hochsee durchschneiden.

Zwischen diesen Stromkreisen liegen normaler Weise 6 Stromstillen oder Halistasen. Hier häufen sich alle planktonischen Wesen an, welche eine zähe Lebensenergie besitzen; und die bekannten Sargassomeere sind interessante Beispiele dafür.

Der Reichthum des offenen Meeres an schwimmenden und treibenden Wesen, an Nekton und Plankton, nimmt im Allgemeinen von der Küste meerwärts ab, weil im Gebiet der Flachsee zu den echten Bewohnern des offenen Meeres alle diejenigen Pflanzen und Thiere hinzukommen, welche einen Theil ihres Lebens benthonisch, einen anderen Theil planktonisch zubringen. Mit Haeckel unterscheiden wir die Thiere und Pflanzen, welche ihr ganzes Leben freischwebend

im Meere verbringen, als **holoplanktonisch**, von denjenigen Formen, welche sich entweder aus benthonischen Jugendstadien entwickeln oder im ausgewachsenen Zustand zum Benthos gehören, und die man **meroplanktonisch** nennt. Auf Grund dieser Unterschiede besteht die Lebewelt der Hochsee nur aus Holoplankton, während die litoralen Uebergangsgebiete des offenen Meeres Holoplankton und Meroplankton enthalten, und infolgedessen reicher an Leben sind.

Betrachten wir zuerst die **Flora des offenen Meeres**, so begegnen uns vorwiegend holoplanktonische Formen. Die Schwärmsporen benthonischer Algen spielen eine untergeordnete Rolle und die abgerissenen Sargassobüschel, welche in den Halistasen so zahlreich sind, können wir als Psendoplankton bezeichnen.

Alle eigentlichen Hochseepflanzen[1]) gehören in das Reich der kleinsten Lebewesen, die meisten sind nur dann dem blossen Auge sichtbar, wenn sie in grösseren Massen auftreten.

Für den Stoffwechsel des Meeres[2]) ist aber diese Planktonflora von der allergrössten Bedeutnng, denn sie liefert den weitaus grössten Theil der „Urnahrung". Die ungeheueren Massen von Nahrung, welche die unzähligen Schaaren der schwimmenden und festsitzenden Meeresthiere alltäglich verzehren, stammen direkt oder indirekt von der planktonischen Flora her.

Obwohl die Pflanzen der Hochsee früher nur wenig untersucht worden sind, können wir doch folgende Typen bei ihnen unterscheiden:

1) **Die Chromaceen** sind überaus kleine einzellige Algen von 0,001—0,012 mm Durchmesser. Dieselben leben in kälteren Meeren in ungeheneren Mengen und färben das Meer oft auf weite Strecken braun oder grün. Sie bilden die Hauptnahrung der arktischen Copepoden.

Auf der Planktonexpedition wurden sie nicht in grössereu Mengen gefangen und in den mittleren Breiten des Atlantik ziehen sie Süsswasser und Brackwasser vor.

2) Die **Calcocyteen** sind kleine Protoplasmakugeln, deren Oberfläche bei *Coccosphaera* mit kleinen ovalen Kalkplättchen bedeckt ist, die als Coccolithen bekannt sind, während *Rhabdosphaera* zierliche Radialstäbe trägt, die isolirt als Rhabdolithen beschrieben werden.

Ihre[3]) konstante Anwesenheit im Oberflächennetz und im Magen von Oberflächenthieren beweist zur Genüge, dass sie an der Oberfläche und in tieferen Wasserschichten leben.

Die systematische Stellung[4]) dieser kleinen Gebilde war lange Zeit in Dunkel gehüllt, bis man sie als pelagische Algen erkannte. Das Innere der Kugel ist von einer durchsichtigen Eiweissmasse erfüllt, in welcher man keinen Kern entdecken konnte. Wenn man die Kalkstäbchen und Kalkscheibchen mit Säure auflöst, so bleibt eine kleine gelatinöse Kugel zurück, an deren Aussenfläche die Coccolithen und Rhabdolithen eingefügt waren. Rhabdosphären sind besonders in äquatorialen und tropischen Regionen verbreitet und finden sich selten

1) Schuett, Pflanzenleben der Hochsee. Planktonexpedition I, S. 244 f.
2) Haeckel, Planktonstudien. Jena 1890, S. 26 f.
3) W. Thomson, The Atlantic I, S. 221.
4) Murray & Renard, Deep Sea Deposits, S. 257.

in Gewässern, deren Oberflächentemperatur unter 20° C. sinkt. Dagegen sind Coccosphären wohl auch in warmen Gewässern verbreitet, doch reichen sie nach Norden und Süden soweit als die Oberflächentemperatur 8° C. besitzt, und haben ihre grösste Verbreitung in der gemässigten Zone.

Sie sind selten, oder fehlen in Küstengewässern, die von einmündenden Flüssen bespült werden, und gedeihen am besten in den Strömungen des offenen Ozeans. In den Eismeeren werden sie ersetzt durch ähnliche kleine Algen, welche aber keine Kalkgebilde ausscheiden.

So sind also Coccosphären und Rhabdosphären in allen Oberflächenwassern der tropischen und gemässigten Zone zu finden, und zwar gewöhnlich eingehüllt in die gelatinöse Substanz von Radiolarien, Diatomeen und Foraminiferen, selten nur vermisst man sie in den Eingeweiden von Salpen, Pteropoden und anderen pelagischen Thieren.

Rhabdolithen und Coccolithen, die abgebrochenen Skelette der Rhabdosphären und Coccosphären spielen eine überaus wichtige Rolle in allen Tiefseeablagerungen mit Ausnahme der polaren und subpolaren Gegenden. In terrigenen Sedimenten sind sie viel weniger häufig als in pelagischen Absätzen; in gewissen Blauschlammen fehlen sie oft, während sie in Globigerinen- und Pteropodenschlick einen grossen Theil des Kalksedimentes zusammensetzen. Vollständige Rhabdosphären findet man darin nie, denn sie zerbrechen leicht in Rhabdolithen, welche zeitweise überaus häufig sind. Coccosphären findet man in beträchtlicher Zahl in den Sedimenten der gemässigten Zone in geringer Tiefe, während sie in tropischen Regionen seltener sind, wo die Kugeln in Coccolithen zerfallen. Im rothen Thon und in Radiolarienschlick fehlen sie ebenso wie alle übrigen Kalkreste. Bemerkenswerth ist es, dass die Planktonexpedition nach dem Vorbericht von Schuett diese Calcocyten nie gefunden hat. Es ist dieses zeitweise Fehlen derselben im Atlantik von ganz besonderem Interesse, denn es beweist, wie sehr das pelagische Plankton nach Zeit und Ort verschieden über die Meeresräume vertheilt ist.

3) Die Murracyteen sind einzellige Algen von 0,5—1,5 mm Durchmesser, umgeben von einer glashellen Cellulosehülle. Ihre Form ähnelt bald einer Kugel, bald einer Spindel, oder einem Halbmond. *Pyrocystis* ist an der Oberfläche des tropischen und subtropischen Ozeans vom Challenger oft in enormen Massen überall da angetroffen worden, wo die Temperatur mehr als 20° C. beträgt und das spezifische Gewicht des Wassers nicht durch Flüsse vermindert war. *Pyrocystis* ist eine der Hauptquellen des Meerleuchtens im äquatorialen Ozean.

Die Planktonexpedition fand sie überall im warmen Wasser verstreut, nirgends jedoch in grossen Zahlen. Am stärksten war der Floridastrom mit 50000 Exemplaren auf 1 □ Mle. bevölkert, während die drei südlichen Ströme 430—1400 Stück auf die □ Mle. ergaben.

4) Die Diatomeen leben in süssem, brackischem und salzigem Wasser. Man kann benthonische von planktonischen Formen leicht unterscheiden. Im Meer sind die benthonischen Diatomeen natürlich an die Küste gebunden. Sie scheinen hier weniger den eigentlichen Meeresboden zu überziehen, als vielmehr ihren Stützpunkt an Seegras und Algen zu finden, auf denen sie bisweilen dichte braune, schlammige Ueberzüge bilden. Wie die benthonischen Meerespflanzen überhaupt,

finden sie mit zunehmender Tiefe bald die Grenze ihrer Verbreitung, während die Plankton-Diatomeen das offene Meer in ungeheueren Scharen bevölkern und die oberen Wasserschichten beleben.

Die Benthosdiatomeen besitzen meist auf ihrer Schale eine verdickte „Naht“, durch welche das Protoplasma austreten kann. Mit Hilfe dieses Protoplasmasaumes, bezw. mit dem davon ausgeschiedenen Schleim bewegen sich diese Formen kriechend auf ihrem Substrat.

Die Planktondiatomeen schweben frei im Wasser, infolgedessen sind die meisten hierhergehörigen Formen nahtlos.

Diatomeen[1]) findet man überall an der Oberfläche und in den geringeren Wassertiefen. Es ist selten, vielleicht unmöglich, mit einem feinen Netz durch das Wasser zu streifen, ohne eine Anzahl dieser kleinen Pflanzen zu fangen. Eine beträchtliche Anzahl festsitzender Formen werden durch Flüsse vom Land in das Meer geführt und in allen geringen Tiefen auch gefunden, aber die Arten, welche eine so wichtige Rolle in Tiefseeablagerungen spielen, sind freischwimmend und pelagisch. Bisweilen treten sie nahe der Meeresoberfläche in enormer Zahl auf, in grossen schwimmenden Bänken, welche mehrere Kilometer lang und mehrere Meter tief sind. Wenn man ein feines Netz durch solche Bänke zieht, so wird es erfüllt von einer braunen schlammigen und filzigen Masse, die hauptsächlich aus Diatomeen besteht. Solche Bänke findet man in den Tropen des Nachts an der Oberfläche, während sie am Tage in einer Tiefe von 28—30 m schweben. Der Challenger beobachtete sie im Südlichen Eismeer, in der Sulusse, Arafurasee, an der Küste von Nordamerika, und bei den Shetlandinseln.

Die getrocknete Masse solcher Diatomeenbänke gab nach Anderson:

Kieselsäure	77,00
Thonerde	1,38
Organische Substanz . .	16,75
Wasser	4,87
	100,00

Die Ausgestaltung der Diatomeenschale für das Planktonleben ist bei verschiedenen Gruppen sehr verschieden ausgefallen, doch erhöhen alle diese Anpassungen das Schwebevermögen der Diatomeen im Wasser.

Gegenüber den kompakten Benthosformen ist bei *Coscinodiscus* und *Antelminellia* das Zellvolumen trommelartig sehr vergrössert. *Pyxilla* und *Dactyliosolen*, sowie *Rhizosolenia* sind walzenförmig gestreckt.

Synedra besitzt lange fadenförmige Anhänge, *Chaetoceras* und *Bactiastrum* hat lange Hörner, *Gossleriella* und *Planktoniella* sind Scheiben, deren Rand mit zierlichen Kieselgebilden umgeben sind.

Um beim Bau der Schale die beschwerende Kieselsäure zu sparen, besteht die Membran vielfach aus einer dünnen Haut, auf welcher Verdickungsleisten ein zierliches Gitter bilden. Im Allgemeinen sind die planktonischen Diatomeen viel zarter als die benthonischen Formen.

1) Chall. Deep Sea Deposits, S. 281.

Die grössten Formen fand man im tropischen oder subtropischen Oberflächenwasser, doch sind hier ihre Gehäuse dünner; am zahlreichsten treten sie aber auf in den brackischen oder salzarmen Gewässern der Küstengebiete und der Polarmeere. Hier sind sie so häufig, dass sie oftmals das ganze Wasser dunkelgrün färben. Die warmen[1]) salzreichen Meeresgebiete bilden unübersteigliche Schranken für die Diatomeenfloren, so dass man trotz ihrer leichten Transportfähigkeit eine Flora des Antarktik nicht mit einer aus dem Arktik, oder die Flora des Mittelmeeres nicht mit der des Indik wird verwechseln können.

5) Die Xanthellen sind gelbe Algen, welche, wie wir schon S. 6 beschrieben haben, in den Geweben mariner Thiere leben und assimiliren. Sie besitzen ein Schwärmstadium, in dem der Körper eiförmige Gestalt annimmt und sich mit Hilfe von zwei Geiseln bewegt. Sie kommen mit den Radiolarien weiterverbreitet im Meere vor.

6) Die Dictyochen, die früher für Radiolarien gehalten wurden, bestehen aus einer gelben Zelle, welche von 2 zierlichen Gitterhalbkugeln umschlossen wird und die sich mit Hilfe eines Geiselfadens frei im Meere bewegt. Sie sind vorwiegend Kaltwasserformen. Von *Dictyocha stapedia* und *D. speculum* wurden in der Irmingersee 140 000 Stück unter einem □ m gefunden. Im warmen Wasser des Floridastromes und der Sargassosee blieb ihre Zahl meist unter 10 000, im Nordäquatorialstrom, dem Guineastrom und dem Südäquatorialstrom stieg sie sogar wenig über 1000. Da die Netze die kleinen Dictyochen leicht durchlassen, so können die genannten Zahlen nur als Minimalzahlen gelten.

7) Die Peridineen sind zierliche Planktonwesen, welche meist gelbes Chromophyll besitzen, während gewisse Formen farblos sind und daher wahrscheinlich nicht assimiliren können. Der Körper ist bedeckt mit einzelnen Celluloseplatten, die durch Furchen voneinander getrennt werden können. Zwei Geiselhaare vermitteln die Bewegung im Wasser. In ihrer Verbreitung zeigt sich ein deutlich ausgesprochener Gegensatz zwischen warmen und kalten Gewässern. Der Individuenreichthum ist am bedeutensten in der Nordsee, Ostsee und im Nordatlantik, dagegen ist die Vielgestaltigkeit der Formen in den tropischen Meeren bemerkenswerth. *Phalacroma* ist zwar auch im warmen Wasser formbeständig, dagegen die Gattung *Ceratium* in den Tropen eine erstaunliche Variabilität zeigt.

Während die nordischen Formen eine verhältnissmässig kompakte Gestalt besitzen, bilden sich bei *Ceratium, Ornithocercus, Histioneis, Ceratocorys* Stacheln, Platten, Ringe, Flügel, Segel aus, die das Schwebevermögen erhöhen und auch als Bewaffnung dienen mögen.

Murray fand Ketten von *Ceratium tripus* zahlreich im offenen Meer, während die Einzelformen mehr nahe den Küsten auftreten.

8) Die Halosphaeren sind grüne Hohlkugeln von 0,5—1,2 mm Durchmesser, welche im Mittelmeer und im warmen Wasser des Atlantik recht verbreitet sind. Lebenskräftige Exemplare fand man sogar noch zwischen 1000—2200 m tief.

---

1) Castracane, Chall. Rep. Botanic II, S. 9.

9) Die Oszillatorien sind unverzweigte gelbe oder rothe Zellreihen, welche in wärmeren Meeren in ungeheueren Massen auftreten. In der Sargassosee wurden unter 1 □ m Oberfläche 746 000 Zellfäden beobachtet; *Trichodesmium erythraeum*, welches von HAECKEL und MURRAY in grossen Schwärmen im Indik und Pazifik konstatirt wurde, konnte von der Planktonexpedition auf der eigentlichen Hochsee des Atlantik im Sommer 1890 nicht beobachtet werden, dafür fand man hier *Heliotrichum* und *Xanthotrichum* weit verbreitet. Auch aus dieser Thatsache geht hervor, dass die Verbreitung der Planktonpflanzen zeitlich und räumlich grossen Verschiedenheiten unterworfen ist.

10) *Sargassum* entwickelt sich benthonisch an den Westindischen Küsten und besonders den Bahamabänken, wird durch Stürme losgerissen und treibt mit den Meereströmungen lange umher, bis es sich in den Halistasen anhäuft. Man darf es daher wohl als Pseudoplankton bezeichnen. Das Golfkraut treibt fast immer in langen Streifen, die meist 60 m voneinander entfernt sind, und die sich immer parallel zur Windrichtung halten. Die Büschel sind theilweise noch im Wachsen begriffen, obwohl Fruktifikationen nicht beobachtet wurden.

Die zwischen dem Golfkraut lebende mikroskopische Planktonflora ist viel zahlreicher als die Masse des ersteren.

Sehr reich ist auch die in den *Sargassum*halistasen auftretende Thierwelt. FISCHER[1]) zählt folgende Mollusken auf:

Doto pygmaea	*Corambe sargassicola*
Aeolis pumilio	*Helcion pellucidum*
— *sargassicola*	— *tella*
Fiona atlantica	*Lepeta caeca*
Scyllaea pelagica	*Aclesia citrina*
Glaucus atlanticus	*Litiopa melanostoma*
— *gracilis*	— *striata.*
Phyllirhoe atlantica	

Auf den vielfach zerschlitzten gelben Tangen beobachtet man[2]) *Lepas*, *Idotea*, *Palaemon*, *Nautilograpsus*, *Patina patella*, *Patina pellucida*, *Lepeta caeca*, *Janthina rotundata*, *Litiopa melanostoma*, *Philliroe*, *Scyllaea*, *Aeolidella*, *Spurilla*, *Fiona*, *Cuthona*, *Glaucus*, *Dota*, *Creseis spinifera*, *Onychia*, *Membranipora tuberculata*, *Flustra membranacea*, *F. tuberculata*, *F. peregrina*, *Antennarius*, *Dactylopteris*, *Sygnathus*.

Die Krebse, Mollusken und Fische sind meist von gelber Farbe und an ihre Unterlage gut angepasst.

Auf Grund erneuter Untersuchungen hat KRUEMMEL[3]) die Grenzen der durch *Sargassum* ausgezeichneten Halistase im Nordatlantik, welche als „Sargassomeer" zu übertriebenen Schilderungen Veranlassung gegeben hatte, genauer bestimmt.

Mit Rücksicht auf die Flora des Meeres zeigt SCHUETT, dass sich ein Strom von benthonischen Pflanzen beständig in das offene Meer ergiesst und sich hier mit der Planktonflora mischt. Die Hoch-

1) P. FISCHER, Man. de Conchiliologie I, S. 149.
2) CHALLENGER, Narrative I, S. 136.
3) KRUEMMEL, Petermann's Mitth. 1891.

see ist für solche Küstenformen ein stets geöffnetes Grab, in das sie willenlos hineingetrieben werden, während die eigentliche Flora der Hochsee sich dort vermehrt und dadurch sich im Uebergewicht erhält.

Das reine Blau des Seewassers ist die Wüstenfarbe der Hochsee, das Grün der Flachsee und Polargewässer ist den Wiesen und Steppen zu vergleichen, während das Gelb der seichten Ostseefluthen als die Farbe üppigster Planktonvegetation zu bezeichnen sein dürfte.

Wenden wir uns jetzt der Fauna des offenen Meeres zu, so müssen wir hier Nekton und Plankton scharf voneinander unterscheiden, obwohl naturgemäss dieselbe Form in einer Halistase nektonisch leben kann, welche in einer starken Strömung willenlos dahintreibt.

Das eigentliche Nekton umfasst wesentlich Wirbelthiere, unter denen folgende Typen die Hochsee der Gegenwart bewohnen:

Die Wale leben beständig im offenen Ozean. Hier finden die Zahnwale die ihnen als Nahrung dienenden Fische, während die Bartenwale sich von niederen Planktonthieren, besonders Copepoden und Pteropoden nähren.

Von Reptilien gehören erstens die Seeschlangen dem marinen Nekton an. In der Nähe der indischen Küsten sieht man Hunderte der über meterlangen giftigen Thiere träge im Wasser schwimmen; andere halten sich mit Vorliebe in den Höhlungen der Korallenriffe versteckt.

Die Seeschildkröten[1]) sind gut an das Wasserleben angepasst; indem ihr grosser breiter Körper dasselbe spez. Gewicht hat wie das umgebende Wasser. Sie gehen nie ans Land, ausgenommen beim Eierlegen, und dann sind ihre Bewegungen träge und langsam. Sie leben meist in tropischen Meeren. *Thalassochelys caretta* lebt von Krabben, Mollusken, Fischen und frisst besonders gern grosse *Strombus,* welche sie mit ihren kräftigen Kiefern zerbricht. *Eretmochelys imbricata* lebt von *Velella.* Auf Keelings Atoll leben Schildkröten von Seegras und *Chelonia mydas* frisst mit Vorliebe *Zostera marina*, geht bisweilen in Ströme hinein und scheint zu gewissen Zeiten des Süsswassers zu bedürfen.

Ungemein zahlreich sind die nektonischen Fische, welche vereinzelt oder in dichtgedrängten Schwärmen den Ozean in allen seinen Tiefen bewohnen.

Endlich müssen wir die *Loligo* unter den Cephalopoden als nektonische Formen beanspruchen, während die meisten anderen Gattungen zum Benthos gehören und auch die Ammoniten, wie wir später sehen werden, wahrscheinlich als benthonische Thiere betrachtet werden müssen.

Viel zahl- und formenreicher ist das animale Plankton des Meeres. Während zahlreiche Organismen ihr ganzes Leben im Meere schwebend zubringen und ihren vollständigen Entwicklungsgang in demselben durchlaufen, ist das bei anderen nicht der Fall, vielmehr bringen diese einen Theil ihres Lebens im Benthos zu, entweder vagil oder sessil. Diese Formen nannten wir meroplanktonisch. Hierzu

---

1) U. S. Comm. of Fisheries I, S. 147.
Challenger, Narrative I, S. 169.
Darwin, Korallenriffe S. 14.

gehören diejenigen Medusen, welche sich ans Hydroid- oder Scyphostompolypen entwickeln, viele Spongien, Korallen, fast alle Echinodermen, viele Würmer, viele Krebse, besonders die Cirripedien, viele Muscheln, Schnecken, Cephalopoden, viele Bryozoen und Brachiopoden, und endlich viele benthonische Fische, deren Jugendformen zum Plankton gehören. Alle diese planktonischen Larven besitzen eine Organisation, welche übereinstimmt mit den Struktureigenthümlichkeiten der holoplanktonischen Fauna.

Charakteristisch für diese planktonischen Thiere[1]) ist die krystallklare Durchsichtigkeit ihres Körpers. So vollkommen ist diese Transparenz, dass viele unter ihnen, so lange sie frei im Wasser schwimmen, gar nicht zu sehen sind und selbst, in einem Glasgefäss schwimmend, nur schwer erkannt werden. Haut, Nerven, Muskeln und andere Organe sind glashell durchsichtig, und nur die Leber und der Darminhalt erscheinen gelb oder braun gefärbt, und gleichen einem Stück schwimmenden Seetangs.

Gewisse Planktonthiere sind blau gefärbt und gleichen der Farbe der Wellen, so z. B. *Minyas coeruleus*, *Velella*, *Porpita*, *Physalia*, *Glaucus*, *Janthina*, welche sämmtlich, an der Meeresfläche schwimmend, theilweise aus dem Wasser hervorragen. Sie scheinen durch die blaue Farbe gegen die Gefrässigkeit der Seevögel geschützt zu sein, obwohl *Velella* im Magen einer jungen Seeschildkröte und von Albatrossen in Menge gefunden wurde. Untereinander scheinen diese Thiere heftig ums Dasein zu kämpfen, denn *Glaucus* und *Janthina* fressen *Velella*.

Einige wenige pelagische Thiere sind brillant gefärbt und glänzen in metallischem Schimmer, so die Männchen von *Saphirina*. Nach Studer[2]) ist das Tagesplankton blau oder violett, das Nachtplankton aber roth gefärbt. Bemerkenswerth ist es, dass viele pelagische Thiere entweder keine oder sehr grosse Augen haben. Solches mag damit zusammenhängen, dass die meisten Planktonthiere schwaches Licht lieben und sich am Tage in dunkleren Meerestiefen aufhalten. Dagegen beobachtet man Radiolarien im vollen Sonnenschein; ebenso *Velella*, *Janthina*, *Eucharis*, *Coryphaena*. Wind und Sturm treiben alle planktonischen Thiere, welche hinabsinken können, in tiefere Wasserschichten, während in milden Nächten die ganze Meeresoberfläche von Thieren wimmelt.

Undurchsichtige Gehäuse fehlen den Planktonthieren, nur die kleinen Foraminiferen besitzen kalkige, die Radiolarien kieselige Hüllen, welche aber so zart sind, dass sie das Licht ungehindert passiren lassen.

Die dünne, leicht zerbrechliche Schale von *Janthina* und die rudimentäre Schale von *Carinaria* zeigen, dass massive Gehäuse den freischwimmenden Meeresthieren nur hinderlich sind. Es mag daher auch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Organisation der Ammonitenschalen direkt gegen ein planktonisches oder nektonisches Leben spricht.

Die Planktonthiere sind trotz ihres wasserreichen, leicht zerstör-

1) Moseley, Nature, Oct. 5 1882, S. 560.
2) Studer, Gazelle III, S. 293.

baren Körpers schlimme Räuber. Die Gefrässigkeit der so harmlos aussehenden Medusen, Ctenophoren, Cephalopoden ist enorm. Die Cölenteraten betäuben durch ihre Nesselorgane jedes Thier, das sie berühren, und oft findet man grosse Fische, die mit einem einzigen Schlag das Gewebe der Meduse zerreissen könnten, gelähmt und halbverdaut im Gastrovasculararraume derselben. *Beroe* verzehrt andere Ctenophoren, welche oft viel grösser sind als sie selbst.

Das Plankton ist überaus empfindlich gegen eine Verminderung des Salzgehaltes, doch lieben *Aurelia* und *Cyanea* gerade das brackische Wasser und steigen weit in die Aestuarien hinein.

Die Planktonthiere besitzen oftmals bestimmte Locomotionsorgane. Die Medusen schwimmen durch rhythmische Kontraktionen der Randmuskeln, die Ctenophoren dnrch die Flimmerbewegung der Wimperreihen, die Siphonophoren durch Zusammenziehung von besonderen Schwimmglocken. *Sagitta* kann blitzschnell durch das Wasser springen, die Pteropoden schlagen mit ihren Flossen, die Cephalopoden stossen Wasser aus ihrem Mantel aus, die Krebse bewegen sich mit Hilfe ihrer Schwimmfüsse. Aber bei der Kleinheit der meisten Formen gegenüber der Intensität der strömenden Meerwasser spielen diese aktiven Bewegungsorgane für die geographische Vertheilung nur eine untergeordnete Rolle. Dagegen sind häufig hydrostatische Organe ausgebildet, welche die Planktonthiere befähigen, in einer bestimmten Orientirung passiv im Wasser zu schwimmen. Schon das spezifische Gewicht ihres Körpers ist fast ebenso leicht wie das des umgebenden Seewassers, und manche [1]) verringern ihr spezifisches Gewicht so bedeutend, dass sie leichter sind als Seewasser und auf der Oberfläche flottiren. Die Eier von *Platessa vulgaris* [2]) schwimmen, solange der Salzgehalt des Wassers mehr als 1,78 % beträgt.

Von den Mitteln, die zur Herabsetzung des spezifischen Gewichtes angewandt werden, sind folgende die wichtigsten:

1) Ausbildung von Gallertsubstanz durch wässerige Aufquellung vieler oder aller Gewebe;
2) Ausscheidung von Gas in besondere Behälter;
3) reichliche Ausbildung von Fett;
4) bedeutende Oberflächenvergösserung zur Erhöhung des Reibungswiderstandes.

Entweder wird dies durch mehr oder minder reichliche Ausbildung eines Skelettes erreicht, wie bei Radiolarien, Globigerinen, Krebsen, oder dadurch, dass der Körper platt, scheibenförmig oder stabförmig wird. Scheibenförmig sind manche Diatomeen, Radiolarien, craspedote Medusen, von Krebsen *Saphirina* und *Phyllosoma*, Strudelwürmer, *Phyllirhoe*. Mehr glockenförmig sind die Quallen. Stabförmig sind die Diatomeen, *Synedra*, *Rhizosolenia*, Radiolarien (*Amphilonche*), *Sagitta*, *Alciope*, *Rhabdosoma*, Heteropoden, Cephalopoden, Salpen, Fische. Durch die obengenannten hydrostatischen Einrichtungen sind die meisten Planktonthiere im Stande, vertikal auf und ab zu schweben.

Während man in tropischen Meeren am Tage gewöhnlich nur

---

1) Brandt, Anpassungsersch. und Art der Verbreitung von Hochseethieren. Erg. d. Plankton-Expedition I A, S. 3 f.

2) Hensen, Die Planktonexpedition I, S. 4.

wenige Planktonthiere beobachtet, ist man überrascht durch die reiche Fauna, welche während mondloser Nächte die Meeresfläche belebt. STUDER[1]) beobachtete: *Pyrosoma*, aussehend wie weissglühende Metallcylinder, schwammen in Menge an der Oberfläche. Sie verschwanden, sobald der Mond die Nacht erhellte, und als er aufging, waren alle weg. Das Sinken und Steigen muss sehr rasch vor sich gehen. Ging der Mond während der Nacht unter, so erschienen sie sofort, um mit beginnender Dämmerung wieder unterzusinken.

Nach D'ORBIGNY[2]) kommen die Pteropoden gegen Abend aus der dunkeln Meerestiefe zur Oberfläche herauf. Gegen 5 Uhr kommen mehrere Arten von *Hyalaea*, später *Cleodora* und *Atlanta*. Grössere Arten wie *Hyalaea balantium* kommen erst in tiefer Nacht herauf. Die kleineren Arten steigen zuerst wieder hinab, und um Mitternacht kann man nur noch vereinzelte Nachzügler fangen.

Die Arbeiten des CHALLENGER[3]) im Südatlantik ergaben das wichtige Resultat, dass die Oberflächenthiere sich während des Tages 90—180 m tiefer aufhalten, als während der Nacht. CHUN[4]) zeigte dann später, dass auch die Jahreszeiten einen Einfluss auf die Tiefe ausüben, in welcher das Plankton schwebt. Der Wechsel des Lichtes und der Temperatur bedingt die vertikalen Wanderungen. Nur wenige pelagische Thiere vermögen die hohe Temperatur des Oberflächenwassers während des Sommers (oder in den Tropen während des Tages) zu ertragen. Die meisten entziehen sich der Einwirkung derselben durch Niedersinken, und endlich existiren ganze Gruppen, welche ihr Leben in den kühlen, tiefen Regionen verbringen, ohne je an die Oberfläche aufzusteigen. Aber noch aus anderen Gründen ist diese periodische Wanderung von Nutzen für das Plankton. Die pelagische Fauna[5]) entzieht sich durch ihre vertikalen Wanderungen leichter ihren Feinden und findet in den verschiedenen Wassertiefen leichter ihre Nahrung. Nachts treibt sie der Landwind seewärts, tags entgehen sie dem Seewind und werden dadurch mehr und mehr in das offene Meer getrieben und den dortigen Verhältnissen immer mehr angepasst.

Wie sehr die pelagische Thierwelt an solchen vertikalen Wanderungen festhält, bezeugt folgende Beobachtung[6]) von A. WALTER:

Die pelagische Thierwelt des spitzbergischen Eismeeres theilt sich in zwei Gruppen. Manche Arten sind in allen Tiefen und zu jeder Tageszeit zu finden; es sind das fraglos im gesammten Eismeere gleichmässig vertheilte, gegen die vorkommenden Unterschiede der Temperatur in verschiedenen Stromadern gleichgiltig gewordene, lange schon in den höchsten Breiten völlig heimische und allen dortigen Lebensbedingungen vollständig angepasste Formen. So z. B. *Cydippe, Beroe, Sagitta, Clio borealis, Limacina arctica, Calanus finmarchicus, Gammarus locusta.*

Die zweite Gruppe besteht aus Formen, die bislang nur der

1) Gazelle I, S. 256.
2) JOHNSTON, Konchyliologie, S. 113.
3) v. WILLEMOES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1874, S. XI.
4) CHUN, Die pelagische Thierwelt 1888, S. 54.
5) FOREL, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1878, Suppl., S. 389.
6) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1890, S. 93.

Fauna warmer Strömungen angehörten und passiv in diese Breiten verschleppt worden sind. Solche Formen sind: Medusen aus den Gattungen *Hippokrene* und *Catablema*, *Sarsia*, *Tiara* und sodann *Codonium princeps*, eine *Beroe*, *Hyperia* und koloniebildende Radiolarien.

Obwohl nun während des Sommers in Spitzbergen die Sonne nicht untergeht, so fanden sich die zuletztgenannten Formen während der Tagesstunden 80 m tief aber bei Nacht an der Oberfläche des Wassers. Diese reinen Golfstromformen hängen also noch mit grosser Zähigkeit an einer in südlicheren Breiten durchaus zweckmässigen, im hohen Norden aber geradezu zwecklosen Gewohnheit.

Die Fähigkeit der Planktonthiere, nachts zu phosphoresziren und das sogenannte Meerleuchten hervorzurufen, scheint aufs engste mit diesen Wanderungen zusammenzuhängen. Am Tag und in der Nacht bewegen sich diese Thiere in einer dunkeln Umgebung und werden daher ihre Lebensfunktionen leichter ausführen können, wenn sie selbst leuchtend sind.

Ueber die Fähigkeit des thierischen Plankton, aktiv sein spezifisches Gewicht zu verändern, und über die hierbei angewandten Mittel existirten bisher nur wenige Untersuchungen. VERWORN[1]) zeigte, dass die Vacuolen in dem Gallertmantel der *Thalassicolla* mit einer Flüssigkeit erfüllt sind, welche spezifisch leichter ist, als das umgebende Seewasser. Durch andauernde Reizung kann man die Protoplasmawände der Vacuolen zum Platzen bringen. Die Flüssigkeit tritt heraus, und bei einer genügenden Verminderung der Vacuolenzahl wird die Zelle schwerer wie Seewasser und fängt an zu sinken. Durch Regeneration der Vacuolen steigt die Zelle wieder in die Höhe.

Manche Planktonthiere sind kosmopolitisch verbreitet, eine Erscheinung, welche mehrfache Erklärungen[2]) zulässt:

Erstens können pelagische Thiere dadurch eine kosmopolitische Verbreitung gewinnen, dass sie ein hohes geologisches Alter besitzen. So dürfte *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides* und *Hastigerina pelagica* diesem Umstand ihre weite Verbreitung verdanken.

Zweitens können sie durch nektonische Bewohner des offenen Meeres verschleppt werden. So sind die kosmopolitischen Copepoden mit bizarr gestalteten Borstenanhängen an Gliedmaassen und Schwanz versehn, die ein leichtes Festhaften an Fischkiemen u. s. w. erlauben, während lokalisirte Formen, wie *Pontella inermis* eine relativ glatte Oberfläche besitzen. *Lepas anserifera*, *Naucrates ductor*, *Echeneis remora* und *E. naucrates*, welche sich an Treibkörpern ansetzen, sind ebenfalls weltweit verbreitet.

Endlich werden *Velella* und *Physalia* durch den Wind überall hin verschleppt. Ausser ihnen kennt man aber keine kosmopolitischen Planktoncoelenteraten und betrachtet eine Art schon als weitverbreitet, wenn sie wie *Aurelia aurita*, *Tiara pileata*, *Phialidium variabile* an allen europäischen Küsten vorkommt.

Da sich an der Zusammensetzung des Plankton Pflanzen und Thiere betheiligen, so stellt die Lebewelt des offenen Meeres eine

1) VERWORN, Archiv f. Physiol. 1892, S. 151.
2) CHUN, Zool. Anzeiger 1886, S. 57—72.

ökonomisch selbstständige Einheit dar. Die kleinen Planktonthiere leben von den mikroskopischen Planktonalgen und dienen wiederum grösseren Thieren des offenen Meeres als Nahrung. Das offene Meer würde belebt sein, selbst wenn keine Flachsee und kein Festland existirten. Die ökonomische Abhängigkeit der einzelnen Thiergruppen der Hochsee voneinander spielt eine ungemein wichtige Rolle im Leben des Meeres, und die Deutsche Planktonexpedition hatte die einschlägigen Fragen zum Gegenstand besonderer Forschung gemacht, so dass wohl hierüber noch viele werthvolle Aufschlüsse zu erwarten sind.

M'Intosh [1]) stellte fest, dass zu der Zeit, wo aus den pelagisch treibenden Fischeiern die junge Brut ausschlüpft, das Meer an den englischen Küsten sehr reich an planktonischen kleinen Krebsen und anderen Thieren ist. Sobald der Dottersack resorbirt ist, und schon vorher, findet man mikroskopische Krebse im Magen der Fischbrut. Aber nicht nur die Jungen von solchen Fischen, welche auch im erwachsenen Zustand von Krebsen leben, nähren sich davon in ihrer Jugend, sondern auch solche Formen, welche wie *Cyclopterus lumpus* oder *Lophius piscatorius* später keine Kruster mehr verzehren. Es ist wahrscheinlich der Reichthum an Krebsen nahe der Küste, welcher die Schwärme der Fische auf Untiefen versammelt, wo sie unter Tangen und Algenrasen ihre Nahrung finden. Die Wichtigkeit des Mikroplankton für das Leben der Fische kann gar nicht überschätzt werden, denn ohne dieses würde die Fischbrut nach Absorption des Dottersackes zu Grunde gehen müssen.

Obwohl man über die systematische Zusammensetzung des Plankton erst seit wenigen Jahren methodische Untersuchungen angestellt hat, so haben doch die meisten Beobachter marinen Lebens ihre Ansicht dahin ausgesprochen, dass das marine Plankton sehr beträchtlichen Verschiedenheiten unterworfen ist. Die meisten Naturforscher, welche auf grösseren Seereisen Gelegenheit hatten, die Thierwelt des offenen Meeres vergleichend zu untersuchen, fanden die mit blossem Auge sichtbaren Thiere an einer Stelle in zahllosen Schwärmen das ganze Meer bedeckend, während zu anderen Zeiten und an anderen Orten kein einziges Exemplar der betreffenden Art gefunden werden konnte. Und auch die bei früherer Gelegenheit besprochenen Planktonanalysen von Haeckel ergaben, dass das monotone und prävalente Plankton viel häufiger ist als das polymikte.

Bei solchen Unterschieden in der systematischen Zusammensetzung darf es uns nicht Wunder nehmen, dass auch die geographische Vertheilung des Plankton, als bionomische Einheit, sehr beträchtliche Verschiedenheiten erkennen lässt.

Die horizontale Verbreitung des Plankton wird bedingt erstens durch die Bewegungen, zweitens durch die Temperaturen des Wassers.

Ebenso [2]) wie die auf der Oberfläche des Meeres flottirenden Gegenstände, werden auch die auf und dicht unter dem Meeresspiegel treibenden Organismen vom Winde zusammengeschaart. Wenn der

1) Ann. Mag. Nat. Hist. 5. Serie XIX, S. 144.
2) Brandt, Verbreitung der Hochseethiere, S. 23.

Golf von Neapel vor Scirocco ohne nennenswerthe Mengen von Radiolarienplankton war, so fand Brandt nach 24stündigem Sturm sehr bedeutende Mengen dieser Thiere.

In der gleichen Weise wie der Wind wirken auch die Meeresströmungen scheidend auf die Vertheilung des Plankton ein. Ein recht charakteristisches Beispiel für das lokale Massenauftreten der planktonischen Fauna beschreibt Hensen[1]) vom äusseren Rande des Labradorstromes. Hier trat *Calanus finmarchicus* 900 klm von der Küste in solchen Mengen auf, dass das Planktonvolnmen von 5 auf 156 ccm stieg, um dann auf 15 und 4,5 ccm zu fallen.

Auch *Doliolum Krohni* trat im Oktober 1890 in einem dichten Schwarme auf. Nachdem man in einem Netzzug 14 Exemplare gefangen hatte, ergab der folgende Zug 5860 Exemplare.

Allerdings muss man hierbei immer im Auge haben, dass Meeresströmnngen durch besondere Temperaturen gegen das umgebende Wasser abgegrenzt werden, so dass alle stenothermen Planktonthiere, die sich innerhalb der Strömung sehr wohl befinden und sich vermehren, ausserhalb derselben rasch zu Grunde gehen müssen.

Sowie die Diatomeen besonders gut in salzarmen kalten Gewässern, die Calcocyteen in tropischen Meeren am besten gedeihen, so können wir auch bei den planktonischen Thieren ähnliche Gegensätze finden. So sind die Radiolarien auf die tropische Zone beschränkt, während gewisse Krebse nnd Pteropoden die Polarmeere mit dichtem Gewimmel erfüllen.

Diese ungleiche Vertheilung des Plankton über die Meeresflächen hat in mehrfacher Hinsicht interessante Folgen. Da die Schalen und Gehäuse der Planktonorganismen nach deren Tod zum Meeresboden hinabsinken, so bilden sich lokale Anhäufungen derselben am Boden der Tiefsee an den Stellen, wo die betreffende Form häufig an der Oberfläche lebt. Im Karaibischen Meere sehen wir demgemäss Pteropodenschlick, im Südpolarmeere Diatomeenschlick weit verbreitet.

Aber selbst wenn wir von dieser direkten Folge der Bevölkerungsdichte einzelner Meerestheile absehen, so finden wir doch noch andere Konsequenzen derselben.

Direkt oder indirekt lebt ein grosser Theil der benthonischen Thiere der Flachsee, und alle Thiere der Tiefsee, von den planktonischen Organismen des offenen Meeres. Indem dieselben todt zu Boden sinken, bringen sie den dort lebenden Schlammfressern die Nahrungsmittel hinab.

Die Beobachtungen von v. Pourtales und Agassiz lehrten, dass längs der Küste von Florida und Carolina eine submarine Bank verfolgt werden kann, deren Thierreichthum geradezu erstaunlich ist. Und es ist sehr wahrscheinlich, dass der Planktonreichthum des darüber hinwegfliessenden Golfstromes die wesentliche Ursache jener reichen Benthosfauna ist, so dass Agassiz[2]) sagt: Wo wir fossilreiche Ablagerungen finden, können wir annehmen, dass dieselben an einem Kontinentalrand gebildet worden sind, oder in dem Bereich einer Meeres-

1) Hensen, Einige Ergebnisse der Planktonexpedition, S. 37.
2) Agassiz, Blake I, S. 92.

strömung lagen, welche das für jede reiche marine Fauna indirekt nöthige pelagische Futter in reichem Maasse herbeiführten.

Betrachten wir jetzt die vertikale Gliederung der Fauna des offenen Meeres, so kommen hier zwei bestimmende Faktoren in Betracht: Licht und Temperatur. Die Zirkulation des Wassers im offenen Ozean vollzieht sich, wie wir früher gezeigt haben, in so unmerklich langsamem Tempo, dass sie für unsere Betrachtungen nur geringe Bedeutung gewinnt. Die Druckdifferenz der verschiedenen Wasserschichten beeinflusst die Planktonthiere nicht, denn wir haben ihre vertikalen Wanderungen schon besprochen; und die Differenzen des Salzgehalts im offenen Meere sind unbedeutend.

Den Einfluss der Beleuchtung auf das Plankton haben wir schon erwähnt. Derselbe ist so wichtig, dass die Thiere Druckdifferenzen bis zu 20 Atmosphären erdulden, nur um dieselbe Lichtintensität zu geniessen. Während am Tage die Oberfläche des Meeres thierarm erscheinen kann, tummeln sich in ruhigen dunkelen Nächten zahllose Planktonthiere in den Fluthen, und erzeugen das wohlbekannte Meerleuchten.

Die vertikalen Wanderungen solcher Thiere müssen ziemlich beträchtliche sein. *Themisto libellula*[1]) wurde im Magen von Tiefseefischen 1800 m tief gefunden, auch *Willemoesia* und *Cystisoma* wurden in 0—1800 m beobachtet[2]). Die Beobachtungen CHUN'S im Golfe von Neapel ergaben ähnliche Grenzwerthe.

Inwiefern das vegetabilische Plankton durch die Meerestiefe beeinflusst wird, haben wir schon besprochen; hier müssen wir nur noch erwähnen, dass dadurch auch die Vertheilung der Thiere bestimmt wird, welche von solchen Algen leben. Es ist von diesem Gesichtspunkte aus interessant, dass AGASSIZ[3]) zwischen Mittelamerika nnd den Galapagos pelagisches Plankton nur bis 360 m Tiefe beobachten konnte, also bis zu der unteren Grenze der diaphanen Region. In grösseren Tiefen gelang es nicht, irgend eine Planktonform zu fangen, und erst 110 m vom Meeresboden trat wiederum ein abyssisches Plankton auf.

Die Frage nach der Existenz besonderer Planktonfaunen in intermediären Tiefen ist vorläufig nach den vorhandenen Beobachtungen nicht zu übersehen. Dass die aphotischen Regionen des offenen Meeres nicht leblos sind, geht aus den Beobachtungen von CHIERCHIA[4]) hervor, welcher bei den Tiefenlotungen des „Vettor Pisani“ im östlichen Pazifik am Lotungstau in 1000 m Tiefe regelmässig abgerissene Tentakel von Siphonophoren bemerkte. Da diese Fragmente nur aus 1000 m Tiefe, aber ausnahmslos und zahlreich bei allen Lotungen über eine weite Strecke hinweg beobachtet wurden, so schliesst CHIERCHIA wohl mit Recht, dass in diesen Tiefen ein reiches Thierleben schwimmen müsse.

Auch der Fund von *Halosphaera* in 2000 m Tiefe macht es wahrscheinlich, dass sogar Pflanzenfresser in solchen Tiefen als Planktonorganismen leben können.

---

1) Nach COLLET, Christiania 1880.
2) CHALLENGER, Rep. Zool. I, S. 43.
3) Bull. Mus. Comp. Zoology XXIII, Nr. 1, S. 55.
4) Rivista marittima Roma 1885, S. 80.

Wir müssen zum Schluss noch die Frage der Besiedelung des offenen Meeres streifen. Wenn wir die meroplanktonischen Gäste der Hochsee einmal ausser Betracht lassen und unser Augenmerk nur auf das Holoplankton richten, so müssen wir sagen, dass auch diese Formen vielfach genetische Beziehungen zu der Formenwelt des Benthos der Flachsee erkennen lassen. Den 17 planktonischen Foraminiferenarten stehen hunderte von benthonischen Formen gegenüber. Die Medusen sind grösstentheils von festsitzenden Polypen abzuleiten. Die pelagischen Würmer knüpfen sich an benthonische Verwandte an.

Die formenreiche Gruppe der Krebse ist im Plankton der Hochsee hauptsächlich durch Copepoden, Ostracoden und Schizopoden vertreten, seltener findet man im offenen Meer Phyllopoden, Amphipoden und Decapoden. Es ist in der Mehrzahl der Fälle aus dem numerischen Verhältniss der benthonischen und planktonischen Formen zu beweisen, dass die letzteren aus ersteren entstanden sind.

Squilliden[1]) und Palinuriden entwickeln sich aus Larven, welche früher als eigene Formen unter dem Namen: *Alima, Erichthus* und *Phyllosoma* beschrieben wurden. Von solchen Larven werden ungeheuere Massen in die Hochsee hinausgetrieben, und recht wenig erreichen wieder den Meeresboden, um den regelmässigen Gang ihrer Entwicklung fortzusetzen. Die meisten treiben im Plankton weiter, und unter dem Einfluss reichlicher Nahrung entwickeln sie sich zu jenen gigantischen Larven, bei denen der erste Blick zeigt, dass von einer Umwandlung in eine *Squilla, Gonodactylus, Palinurus, Scyllarus* gar keine Rede mehr sein kann.

Auch die pelagischen Cephalopoden *Cranchia* können auf offenem Meere mit durchsichtigen Geweben, gering entwickelten Armen, embryonalen Augen heranwachsen, und in diesem Zustand sogar geschlechtsreif werden. Bei den Planktonfischen kann man auch zeigen, dass manche thatsächlich aus benthonischen Formen entstanden sind: Die Leptocephalen[2]) sind kleine handförmige Fische, welche absolut durchsichtig sind, und in manchen Fällen sogar keine Spur von Hämoglobin in ihrem Blut enthalten, während ihr Skelett nur aus Knorpel besteht und die übrigen Gewebe weich und breiig sind. Sie werden oft fern vom Land in grosser Anzahl angetroffen, sind aber noch niemals geschlechtsreif beobachtet worden. Nach GUENTHER sind sie das Resultat abnormer Larvenentwicklung. Wahrscheinlich stammen sie aus den Eiern verschiedenartiger Fische, welche zufällig in die Hochsee getrieben wurden und dort in Anpassung an die durchsichtige Umgebung als glashelle, durchsichtige, ausgewachsene Larven sich entwickelten. Sogar die Jugendformen von *Platessa* mit symmetrischen Augen und vollkommen durchsichtigem Körper hat man auf offener See gefangen.

Aus den geschilderten Thatsachen hat PFEFFER (l. c. S. 54) den Schluss gezogen, dass alle heutigen pelagischen Thiere von litoralen Formen entstanden sind. Während andere Biologen aus dem ontogenetischen

1) PFEFFER, Versuch über die erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Thierwelt. Hamburg 1891, S. 60.
2) MOSELEY, Nature 1882, S. 562.

planktonischen Larvenleben der meisten benthonischen Thiere, ihre phylogenetische Entstehung aus Planktonahnen erschlossen.

Mir scheint für die oben angeführten Typen die Ansicht PFEFFER's die grösste Wahrscheinlichkeit zu besitzen. Dagegen scheint mir diese Hypothese anf Radiolarien, Ctenophoren, Siphonophoren, Chaetognathen, Pteropoden, Pyrosomen und Salpen nicht übertragbar. Wir müssen in diesen Fällen die Entstehung der betreffenden Typen in das offene Meer verlegen, während die früher besprochenen Typen in der Flachsee entstanden und sich erst dann auch an die planktonische Lebensweise angepasst haben.

16. Die Tiefsee.

Obwohl das Wort Tiefsee in der neueren Literatur eine grosse Rolle spielt, so gehen doch die Meinungen nicht nur über die Grenzen, sondern auch über das Wesen des Lebensbezirkes, den man als Tiefsee bezeichnet, weit auseinander. Manche Diskussionen der hierher gehörigen Probleme sind nur deshalb resultatlos verlaufen, weil man vorher nicht entschieden hatte, was man unter Tiefsee versteht und verstehen soll.

Die Fundamentalfrage ist, ob man mit „Tiefsee: Das tiefe Wasser oder den Boden des tiefen Wassers bezeichnen will.

Nach den vorausgehenden Betrachtungen wird man es begreifen, und im Laufe dieses Abschnittes werden wir die Beweise dafür bringen, dass wir nur den Boden des tiefen Wassers mit den auf ihm ruhenden untersten Wasserschichten als Tiefsee benennen dürfen. Die Mehrzahl der Tiefseethiere sind benthonische Formen, und zeigen Anpassungen an das Leben in oder auf dem Schlamme des Meeresgrundes. Die holoplanktonischen Formen des offenen Meeres, welche bis in die untersten Wasserschichten hinabsteigen, vermischen sich zwar hier mit den meroplanktonischen Larven der Tiefseethiere, allein trotzdem ist es keinen Schwierigkeiten unterworfen, die einen als Bewohner des offenen Meeres d. h. des unbegrenzten Wassers, die andern als die Bürger des Meeresbodens voneinander zu scheiden.

Ein anderer Grund, welcher uns veranlasst, den Boden des tiefen Wassers als Tiefsee zu bezeichnen, liegt darin, dass man die dort gebildeten Mangankonkretionen, Phillipsitkrystalle und ähnliche Mineralbildungen als Tiefseegebilde bezeichnet, und dass diese Ausscheidungen am Boden des Meeres entstehen, wie wir im dritten Theil dieses Werkes auseinandersetzen werden.

Litoralgebiet, Flachsee und Tiefsee haben aber das miteinander gemein, dass sie von wesentlich benthonischen Formen bewohnt werden, während das vom Strande bis zur Hochsee, und von der Meeresoberfläche bis zum Grunde sich erstreckende Gebiet des offenen Meeres eine wesentlich planktonische Thier- und Pflanzenwelt beherbergt.

Die Tiefsee ist der Boden der tiefen Depressionen des Ozeans, und Tiefseethiere sind die Bewohner dieses Meeresbodens und der darüber ruhenden untersten Wasserschichten.

Die Tiefsee enthält keine Pflanzen. Zwar sinken Planktonalgen aus höheren Schichten in die Tiefsee hinab, aber sobald sie die Assimilationsgrenze überschritten haben, ist ihrem Gedeihen, ihrer Vermehrung ein Ende gesetzt.

Die **Tiefseefauna** setzt sich zusammen aus 4 Elementen:

1) den benthonischen und nektonischen Thieren, welche nur am Boden des tiefen Wassers leben und nur hier gefunden werden;

2) den benthonischen und nektonischen Thieren der Flachsee, welche auf der Wanderung in die Tiefsee begriffen sind, oder deren Leben unabhängig ist von den speziellen bionomischen Verhältnissen, wie sie einerseits in der Flachsee, andererseits in der Tiefsee angetroffen werden;

3) denjenigen Benthos-Thieren, welche eine gewisse Periode ihres Lebens hindurch zum Plankton gehören, die also während dieser Zeit in die untersten Schichten des offenen Meeres hinaufsteigen, um dann ihren Entwickelungscyklus am Meeresboden zu vollenden;

4) denjenigen planktonischen Thieren, welche in allen Tiefen des offenen Meeres gedeihen und infolgedessen sich mit dem vorhin erwähnten Meroplankton der Tiefsee in den darüber ruhenden untersten Wasserschichten vermischen.

Eine kritische Betrachtung der eben aufgezählten Kategorien zeigt, dass die Tiefseefauna durch viele Uebergänge mit den übrigen Faunen des Meeres verknüpft ist.

Jenseits[1]) der durch die Kontinentallinie abgegrenzten Flachsee folgt eine neutrale Zone mit einer, aus litoralen und abyssalen Formen gemischten Fauna, dann kommt die eigentliche Tiefseefauna.

Viele Planktonthiere steigen von der Meeresfläche bis zum Grunde hinab, so dass *Petalophthalmus armiger* von 180—4570 m tief, *Willemoesia* 0—1800 m gefischt worden ist. Dass sogar Planktonpflanzen in beträchtlicher Tiefe lebend gefunden werden, haben wir an *Halosphaera* aus 2000 m mehrfach erwähnt.

Die physikalischen Charaktere der Tiefsee bestehen nicht in **einem** bestimmten Faktor, etwa Druck oder Lichtmangel, sondern in einer Kombination bionomischer Umstände, welche nur in ihrer Gesammtheit das Wesen der Tiefsee umfassen, während sie isolirt auch in anderen Meeresregionen gefunden werden. Unsere Aufgabe soll es jetzt sein, dieselben einzeln zu behandeln, und dann zum Schluss ihre Vereinigung zu betrachten.

1. **Die Tiefsee ist lichtlos.** Chemisch wirksame Lichtstrahlen dringen in reines Seewasser bis 400 m ein. Während des Winters und in trübem Wasser liegt die obere Grenze der aphotischen Region in viel geringerer Tiefe. Die erste Folge des Lichtmangels ist das Fehlen jeglicher Tiefseeflora. Es giebt keine eigentlichen Tiefseepflanzen, wenn wir absehen von den Planktonalgen, Diatomeen, Halosphaeren u. s. w., welche aus höheren Wasserschichten langsam in die Tiefe sinken, deren Heimath aber die diaphane Region ist.

Nicht assimilirende Pilze sind an die Lichtgrenze nicht gebunden, deshalb findet man Bakterien im Golfe von Neapel bis über 1000 m

---

1) Agassiz, Blake I, S. 143.

tief, und *Achlya penetrans* fand[1]) man in einer Tiefseekoralle in 1800 m schmarotzend.

Der Mangel einer Tiefseeflora bringt es mit sich, dass das Leben in der Tiefsee ökonomisch abhängt von den diaphanen Regionen des Meeres. Die Tiefsee gleicht einem Industriestaat, welcher seine Nahrungsmittel nicht selbst produzirt, sondern auf die Einfuhr aus Ackerbau treibenden Ländern angewiesen ist.

In dem einleitenden Kapitel sahen wir, dass die Pflanzen Licht und Kohlensäure, die Thiere organische Nahrung und Sauerstoff in erster Linie zu ihrem Leben bedürfen. Organische Substanz und Sauerstoff werden durch den Assimilationsprozess der Pflanzen in der diaphanen Region erzeugt. Sauerstoff wird ausserdem durch die Wellenbewegung und durch Flüsse dem Meere zugeführt und auch organische Stoffe bringen die letzteren in den Ozean. Wie kommen nun Nahrung und Sauerstoff in die Tiefsee?

Moebius[2]) hat dieses Problem zum Vorwurf experimentaler Untersuchungen gemacht, und dabei verschiedene Transportwege erkannt:

Der Meeresboden ist von der Küste bis zur Tiefsee geneigt; zwar nähert sich der Neigungswinkel oft der Horizontalen, allein in der Regel zeigen benachbarte Lotungen einen, wenn auch kleinen Tiefenunterschied. In dem weichen Schlamm des Meeresbodens leben überall eine Menge von Thieren, welche den Schlamm durchwühlen oder ihn durch ihren Darmkanal passiren lassen. Alle die Lokomotions-, Fress- und Athembewegungen dieser unzähligen Schlammthiere erhalten die Bestandtheile der obersten Bodenschicht locker, und rühren sie immer aufs Neue auf. Die Gezeiten und die Wellen helfen durch ihre vertikalen Wasserbewegungen, welche sich abgeschwächt selbst bis in die grösseren Tiefen fortsetzen, dass der Bodenschlamm nie vollkommen zur Ruhe kommt.

Die Sedimente, welche durch Flüsse dem Meere zugeführt werden, die vulkanischen Aschen, welche auf offenem Ozean niedersinken, drängen beständig die weichen Sedimente des Meeresbodens nach unten.

Alle diese Bewegungen würden aber für sich allein eine ausgedehnte Abwärtsbewegung der Sinkstoffe nicht verursachen, wenn nicht die Wasserzirkulation hinzukäme.

Moebius beobachtete, dass in einem Aquarium bei einer oberflächlichen Abkühlung des Wassers um $1/2^{0}$ C. schon eine bemerkbare Strömung nach den tiefsten Stellen des Beckens zu beobachten war, welche alle die durch Organismen locker gehaltenen Schlammtheile nach der Tiefe zu in eine gleitende Bewegung versetzte, so dass die anfänglich 20^{0} geneigte Masse nach kurzer Zeit nur noch 15^{0} geneigt war.

Diese überaus langsam erfolgenden Sinkströmungen spielen eine ungemein wichtige Rolle im Leben des Meeres. Da sie durch Abkühlung des Wassers veranlasst werden, beginnen sie ihre Thätigkeit zu der Zeit, wo die Massenentwicklung der marinen Pflanzenwelt in den gemässigten und kalten Zonen gerade ihr Maximum erreicht hatte,

1) Duncan, Proc. R. Soc. 1876, S. 238.
2) Moebius, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1871, S. 294.

wo anhaltende Stürme in den Feldern des Seegrases und der Tange ihre Haupternte halten und der Meeresgrund tiefer als gewöhnlich in Unruhe versetzt wird.

Eine grosse, früher nur wenig gewürdigte Rolle spielt das vegetabilische Plankton bei der Ernährung der Tiefseefauna. Jene Unmassen von Planktonpflanzen, welche das offene Meer bewohnen, die grosse Zahl der von ihnen lebenden Planktonthiere, sie alle sinken zum Meeresboden hinab, sobald sie ihre Entwickelung vollendet haben. Aber auch vom Lande wird der Tiefsee lokal Nahrung zugeführt. Im Karaibischen Meer[1]) findet man Orangen, Zuckerrohr, Mangoblätter 1800—2740 m tief.

Unmassen[2]) verwesender Baumzweige und Blätter sind dem Globigerinenschlick zwischen Mexiko und den Galapagos beigemischt.

Infolgedessen kann man in nahezu allen Tiefseeabsätzen[3]) mit Hülfe chemischer Analyse eiweissartige, organische Substanz nachweisen. Organische Bestandtheile kann man beobachten, nachdem durch Säuren die Kalksubstanz der Knochen und Schalen aufgelöst ist, in Gestalt kleiner flockiger Massen (bisweilen in der Form von Kalkschalen) welche, auf Platinblech erhitzt, eine schwarze Asche zurücklassen. In seichterem Wasser, z. B. in gewissen Grünschlammen, findet sich eine grünliche Substanz, welche ebenso brennt und von pflanzlichem Ursprung zu sein scheint. Die Anwesenheit von Sulphiden und Schwefelwasserstoff in allem Hafenschlamme, schlammigen Buchten der Küste und nahezu allen terrigenen Sedimenten, wie Blauschlamm, ist ein sicherer Beweis dafür, dass lösliches und unlösliches Eiweiss und andere organische Substanzen in allen diesen Schlammen verbreitet und im Zustand der Zersetzung begriffen sind. Wahrscheinlich sind Sulphide in allen Tiefseesedimenten vorhanden, aber sie sind am häufigsten nahe dem Land. Im Rothen Thon und anderen echten Tiefsee-Ablagerungen ist die Menge organischer Substanz wesentlich geringer und, entsprechend der langsam sich vollziehenden Anhäufung, werden die Sulphide in demselben Maasse oxydirt, als sie sich bilden, und können sich daher nicht anreichern.

Die Nahrung der Tiefseethiere, welche am Boden des Ozeans leben, besteht aus den todten Körpern ozeanischer Pflanzen und Thiere, welche von der Oberfläche und von mittleren Tiefen hinabgefallen sind. Die Eingeweide von Echinodermen, Ameliden und anderen Organismen sind stets erfüllt mit den oberen Schlickarten, mit Schlamm oder Thon der Region, in der sie gefangen wurden, und zweiffellos ist der darin enthaltene Nahrungsstoff für ihren Lebensunterhalt genügend. Selbst Krebse von Regionen jenseits der Hundertfadenlinie, wo feiner Schlamm zu herrschen beginnt, scheinen wesentlich von solchen feinvertheilten organischen Substanzen zu leben. In dieser Weise muss ein grosser Theil mariner Sedimente die Eingeweide mariner Thiere durchwandern und in diesem Sinne kann man sagen, dass die Tiefseethone und Schlamme organischen Ursprungs sind.

1) Moseley, Nature 1880, S. 593.
2) Agassiz, Bull. Mus. Comp. Zool. 1892, S. 11.
3) Murray und Renard, Chall. Rep. Deep Sea Deposits, S. 253.

In dem Globigerinenkalk von Malta kann man die Wege der Echinodermen und Anneliden, welche sich durch den Schlick gefressen haben, noch in dem verhärteten Kalkstein erkennen.

Als man Proben von Blauschlamm untersuchte, besonders solche, welche von der Mündung grosser Flüsse stammten, wurden viele längliche Körperchen von 0,5 mm Länge beobachtet, die von Einigen als Foraminiferen beschrieben wurden, während sie von MURRAY als Exkremente von Echinodermen, besonders von Holothurien, erkannt wurden. Wenn diese Körper von dem Thier ausgeleert werden, so sind sie mit einer schleimigen Substanz bedeckt; manche sind zu einer Kette angereiht. In gewissen Sedimenten ist dieser Dünger überaus häufig, aber in der Regel ist es unmöglich, denselben im organischen Schlick oder Tiefseethon zu erkennen. Sie scheinen auseinander zu fallen, wenn das Sediment körnig ist, oder wenn sie lange offen daliegen.

Der Mangel einer Tiefseeflora bedingt naturgemäss das Fehlen aller Pflanzenfresser in der Tiefsee. Die Tiefseethiere leben von den im Schlamm enthaltenen verwesenden Resten oder sind räuberische Fleischfresser. Die in der Flachsee so zahlreich vertretenen, pflanzenfressenden Gattungen der Schnecken, Würmer, Krebse fehlen der Tiefsee vollständig und werden durch fleischfressende, aasfressende oder schlammverzehrende Gattungen vertreten.

Die räuberische Eigenschaft der Tiefseethiere hat Fürst ALBERT von Monaco der Wissenschaft dienstbar gemacht, indem er eine Tiefseereuse konstruirte, mit Fleischköder versah, und eine Nacht am Meeresgrunde verweilen liess. In der Reuse hatten sich Thiere gefangen, welche vorher noch nie in vollkommen erhaltenem Zustand erbeutet worden waren, z. B. Krebse mit 1 m langen Fühlfäden. Sehr leicht und charakteristisch zu sehen ist die räuberische Lebensweise an den Tiefseefischen, welche in vielen Fällen ein geradezu furchtbares Gebiss mit langen Hakenzähnen besitzen; fast alle Tiefseefische sind Fleischfresser [1]).

Da die Augen der Thiere eine Anpassungserscheinung an Licht sind, so darf es uns nicht wundern, wenn wir in der aphotischen Tiefsee viele blinde Formen beobachten. Der unserem Flusskrebs [2]) nahe verwandte *Astacus zaleucus* aus 800 m hat absolut keine Augen, aber eine seiner Scheeren ist ausserordentlich lang und dünn und dient wohl dem Thier als ein Fühler, wie dem Blinden der Stock. Die Oberfläche des Körpers ist mit Haaren bedeckt, die wohl auch als Tastorgane dienen. Blinde *Pentachcles* und *Mysis* fand der „Talisman" sowie eine *Ethusa granulata*, die zwar blind war, allein grosse Augenstiele besass. Ebensolche Augenstiele ohne Augen hat *Petalophthalmus armiger* aus 2740—4570 m.

Auch unter den Tiefseefischen finden wir eine Anzahl von Formen, deren Sehorgan Spuren der Verkümmerung zeigt.

Saccopharynx ampullaceus
Ateleopus japonicus

---

1) GUENTHER, Chall. Rep. Deep. Sea Fishes, S. XXV.
2) MOSELEY, Nature 1880, S. 591.

Cyema atrum
Bathypterois longifilis
— longipes
Bathyonus compressus
besitzen verhältnissmässig sehr kleine Augen,
Ceratius uranoscopus
hat ein kleines, rudimentäres Auge, während bei
Typhlonus nasus
Ipnops Murrayi
Aphyonus gelatinosus
das Augenrudiment unter der Haut verborgen, äusserlich gar nicht sichtbar ist.

Den genannten Formen steht aber die grosse Mehrzahl der Tiefseefische mit sehr grossen, wohl entwickelten Augen gegenüber. GUENTHER bildet allein über 120 Arten mit grossen Augen ab, so dass die blinden Arten kaum 3 % betragen.

Der Mangel der Augen ist also keineswegs charakteristisch für Tiefseefische. Ebensowenig kann man aber die sehr grossen hypertrophischen Augen für eine Eigenthümlichkeit der Tiefseefische erklären, denn in vielen Fällen sind die Augen von normaler Grösse.

Obwohl assimilirende Lichtstrahlen nur bis 400 m in das Meerwasser hineindringen, so gelangen doch schwächere Strahlen noch in bedeutendere Tiefen. Aber selbst in solchen Tiefen, in die kein Tageslicht mehr hineindringt, ist eine Lichtquelle gegeben in der Phosphoreszenz der Tiefseethiere. Alle Alcyonarien[1]), welche der Challenger in tiefem Wasser dredgte, leuchteten brillant, wenn sie heraufgebracht wurden. Eine *Isis*[2]) aus 600 m Tiefe leuchtete so stark, das man kleine Schrift bei dem Lichte lesen konnte.

Lichtproduzirende Organe[3]) sind überall bei der Tiefseefauna verbreitet, und diejenigen Gebiete der Tiefsee, in denen phosphoreszirende Thiere häufig sind, müssen genügend erleuchtet sein, um die mit Augen versehenen Formen in den Stand zu setzen, Objekte zu erkennen. Zweifellos tragen die Fische viel bei zu der Beleuchtung der Tiefsee. Gewisse Fische scheiden einen leuchtenden Schleim aus, der den ganzen Körper einhüllt; bei anderen ist die Erzeugung des Lichtes an besondere Organe „Laternen“ gebunden und dem Willen des Fisches unterworfen.

Man hat sich lange darüber gestritten, weshalb diese Thiere leuchten. Die Einen nehmen an, dass das Licht der Tiefseethiere und der leuchtenden Thiere überhaupt mit dem Geschlechtsleben zusammenhänge, und während der Paarungszeit besonders entwickelt sei. Man kann als Beweis hierfür geltend machen, dass die Geschlechtsdrüsen von Medusen und anderen Planktonthieren stark leuchten. Andere meinen, dass das Leuchten ein Vortheil beim Nahrungserwerb sei, und die „Laternen“ der Tiefseefische scheinen diese Ansicht zu stützen. Andere Forscher finden in dem Licht der phosphoreszirenden Thiere ein Schreckmittel gegen Angriffe. Allein selbst wenn jede dieser Hypo-

1) MOSELEY, Q. J. Micr. Soc. XVII, S. 21.
2) MILNE EDWARDS, C. Rend. Acad., T. 91, S. 314.
3) GUENTHER, l. c. S. XXIX.

thesen gleiche Berechtigung hat und einzelne Fälle gut erklärt, so macht doch MOSELEY[4]) darauf aufmerksam, dass man in vielen Fällen eine spezielle Funktion des Leuchtens gar nicht anzunehmen braucht. Denn warum sollen nicht gewisse Thiere konstant Lichtstrahlen aussenden, so wie die Warmblüter beständig Wärmestrahlen von sich geben? Es ist leicht möglich, dass es Thiere giebt, welche dunkele Wärmestrahlen empfinden, und für welche ein warmblütiges Thier leuchtend erscheint.

Das von Alcyonarien ausgesandte Licht wurde spektroskopisch untersucht und bestand aus rothen, gelben und grünen Strahlen. Damit mag wohl die eigenthümliche Färbung vieler Tiefseethiere zusammenhängen. Eine charakteristische Eigenschaft[5]) der Tiefseekrebse ist ihre rothe Farbe von orange bis dunkelroth; andere sind farblos. Tiefseekorallen, Aktinien und Hydroiden sind oft purpurroth, mit Polyperythrin gefärbt. So *Ceratotrochus, Flabellum, Fungia, Stephanophyllia.* Dieser Farbstoff findet sich nie in Seichtwasserformen. Crinoiden sind intensiv gelb oder orangeroth gefärbt. Die Tiefseegattung *Hymenaster* ist scharlachroth.

Allerdings wenn grosse Mengen von *Flabellum variabile* gedredgt wurden, fand man unter den dunkelrothen Formen immer eine grosse Zahl vollkommen weisser Exemplare, ja in einzelnen Fällen war die Zahl der Albinos überwiegend. Auch unter tiefvioletten *Renilla* fanden sich weisse Exemplare, ebenso wie unter schwarzen Tiefseefischen gelegentlich Albinos beobachtet werden.

Ausführliche Mittheilungen über die Farbe der Tiefseethiere des Pazifik giebt AGASSIZ[6]): Obwohl rothe Farben vorwiegen, so sind doch *Comatula* und *Calamocrinus* oft gelb.

Gnathophausia, Notostomus, Glyphocrangon sind brillant scharlachroth. Bei Muniden und Willemoesien neigt die Färbung zum Gelbroth, während bei *Nephrops* und *Heterocarpus* die Farbe ins Grüne übergeht.

Die Farbe von abyssalen Pycnogoniden unterscheidet sich nicht von der bei litoralen Arten.

Die grossen Eier mancher Tiefseegattungen sind brillant lichtblau, und bei einem Macruren stand ein dunkler metallblauer Fleck auf dem Rücken in scharfem Gegensatz zu dem Karminroth des übrigen Körpers.

Die Seesterne sind im allgemeinen matter gefärbt als die Krebse, meist neigen sie zu fleischrothen Tönen.

Die *Hymenaster* variiren von hellem Violettblau bis zu tiefem Kastanienbraun.

Ophiocreas ist gelbroth; die übrigen Ophiuren, besonders von schlammigem Boden sind mattgrau mit etwas Gelb.

Eine *Sigsbeia,* welche auf *Allopora* sass, wurde von porzellanweissen bis zu violettgebänderten Exemplaren gefunden.

Die *Pourtalesia* mit dünner Schale waren zart fleischroth, die dickschaligen dunkelviolett oder weinroth. Bei *Urechinus* und

4) MOSELEY, Q. Journ. Micr. Sc. XVII, S. 22.
5) SMITH, Americ. Journal 1884, II, S. 56.
6) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. 1892, S. 82.

Cystechinus wechselt die Farbe von hellem Braunroth bis zu blassem Weinroth.

Die Arten von *Asthenosoma* waren von dunklem Weinroth, variirend bis zu Strohgelb, gewisse *Phormosoma* braun, ziegelfarben, oder violett.

Die Färbung der Tiefseefische ist verhältnissmässig eintönig. Die Farben sind alle von hellviolettem Grund und variiren nach Braun, Braungelb und Grünlich. Manche Lipariden waren dunkelviolett; eine Art hatte ein brillantes blaues Band. *Ophidium*, *Nemichthys* sind mattviolett, *Ipnops* und *Bathypterois* gelbbraun. *Beryx*ähnliche Formen sind bisweilen schwarz mit einem schwachen violetten Schein, gerade wie die *Stomias* aus geringeren Tiefen. Ein *Ceratias* war zinnoberroth mit gelblichblauen Flecken an der Seite.

Die halbdurchsichtigen Tiefseefische, wie *Aphyonus* sind gewöhnlich fleischroth, während die pelagischen Scopeliden, welche nicht tiefer als 500 m hinabsteigen, eine meist schwarze Färbung zeigen, welche im Gegensatz zu ihren silbernen Weichen steht.

Unter Holothurien ist die Mannichfaltigkeit der Färbung am grössten. *Cucumaria* und *Benthodytes* wurden weiss gefunden, *Peniagone* milchweiss bis gelbbraun. *Deima*, *Orphnurgus* sind weiss, rothviolett, weinroth oder blauviolett.

Psychropotes und Verwandte sind auf der Rückenseite rothviolett, aber auf dem Bauche heller blauviolett.

Die Tiefseemedusen *Periphylla*, *Atolla* sind gewöhnlich tiefviolett oder gelbroth. Sie steigen bis zur Meeresoberfläche empor.

Stomobrachium ist hellkarminroth. Die Farbe der Cephalopoden ist gewöhnlich violett. Unter den Tiefseeaktinien ist *Cerianthus* dunkel ziegelroth, Verwandte von *Bunodes* dunkelviolett. *Actinauge*ähnliche Formen haben einen gelben Körper mit violettrothen Tentakeln. Zoanthiden waren graugrün. Im Allgemeinen wiegt also das Violett vor, während Anpassungsfarben an den graugrünen Meeresschlamm, auf dem diese Fauna lebt, ungemein selten sind. Unter den an den Boden des Meeres angepassten Thieren spielen die Plattfische in der Flachsee eine grosse Rolle. Es ist von Interesse, zu sehen, dass die Pleuronectiden nie tiefer als 800 m beobachtet worden sind[1]). Nur 19 Arten leben unter 180 m, nur 3 Arten von 550—730 m.

Als zweiten Charakter der Tiefsee haben wir den hohen Wasserdruck zu betrachten. Je 10 m Wasser entsprechen einem Atmosphärendruck, und da starke Glas- und Metallgefässe schon in geringen Tiefen durch den dort herrschenden Druck zertrümmert werden, da Holz und Korkschwimmer, welche von harpunirten Walen in die Tiefe gerissen worden waren, stark zusammengepresst wieder heraufkamen, so hat man wohl früher angenommen, dass der hohe Druck das Thierleben in grossen Meerestiefen verhindere oder wenigstens ihm schädlich sei. Auch die Erfahrungen beim Fischfang schienen für den hohen Einfluss des Wasserdruckes auf die Fauna zu sprechen, denn wenn man Fische in 50 m Tiefe gefangen hat und rasch emporzieht, so dehnt sich die Schwimmblase so aus, dass der Fisch bald zu Grunde geht, wenn man ihn nicht[2]), wie es die Fischer am Bodensee mit dem *Coregonus hiemalis* thun, die Schwimmblase punktirt.

1) GUENTHER, l. c. S. 160. — 2) SEMPER, Existenzbed. II, S. 149.

Bei vielen Tiefseefischen [1]), z. B. *Melanocetus*, *Chiasmodus*, *Plagyodus*, *Omosudis*, *Saccopharynx*, Trachypteriden, sind die Knochen und Muskeln sehr schwach entwickelt. Die Knochen haben eine fibröse, zellige, kavernöse Beschaffenheit, sind zart und meist ohne Kalksalze. Bei manchen ist das knorpelige Primordialskelett grösstentheils noch persistent, und die Hautknochen sind entweder häutig, oder wie das Operculum zn klein, um die Kiemen zu bedecken. Sobald der Fisch zur Oberfläche heraufgebracht wird, hängen die Knochen und Wirbel nur ganz locker aneinander. Ebenso sind die Seitenmuskeln schwach entwickelt und das Bindegewebe fällt leicht auseinander, so dass man von manchen Tiefseefischen nur Bruchstücke kennt. Es scheint, dass die im Blut und anderen Körperflüssigkeiten enthaltenen Gase, bei vermindertem Druck, die Gewebe auseinandertreiben. Trotzdem besitzen die in der Tiefsee lebenden Fische Schwimmblasen, entsprechend deren Vorkommen bei litoralen Verwandten.

Aber Fische (und Mollusken?) scheinen die einzigen Thiere zu sein, welche beim Fangen aus grosser Tiefe die Wirkung des verminderten Druckes erkennen lassen [2]). Die mit hydrostatischen Organen versehenen Fische haben in diesen eine Einrichtung, um sich verschieden starkem Wasserdruck in verschiedener Tiefe anzupassen und darin schwebend zu erhalten. Sie kommen in Gefahr, sobald man sie zwingt, in kurzer Zeit eine starke Druckverminderung auszuhalten, die sie in längerer Zeit ohne Schaden ertragen würden. Oberflächenfische hat Milne Edwards noch in 2000 m gefischt, ein Beweis dafür, welche Druckveränderung sie aushalten.

Regnard [3]) hat Versuche gemacht, um zu studiren, welchen Einfluss ein starker Druck auf verschiedene Organismen ausübt.

Bierhefe wurde eine Stunde lang einem Druck von 1000 Atmosphären ausgesetzt. Sie verlor ihre Fermentwirkung für eine Stunde, dann gohr sie wieder vortrefflich.

Algen, welche 4 Stunden lang einem Druck von 600 Atmosphären ausgesetzt wurden, waren todt.

Infusorien wurden durch einen Druck von 600 Atmosphären eingeschläfert; als der Druck nachliess, schwammen sie wieder umher. Auch Mollusken wurden durch den Druck gelähmt, kamen aber unter normalem Druck rasch zu sich.

Ein Blutegel war unter einem Druck von 600 Atmosphären nach einigen Stunden noch lebendig.

Gammarus puba, *Daphnia* und *Cypris* wurden durch einen Druck von 600 Atmosphären in 5 Minuten eingeschläfert, waren aber unter normalem Luftdruck in 15 Minuten wieder munter.

Fische, deren Schwimmblase angestochen wurde, lebten bei einem Druck von 100 Atmosphären ohne jede Beschwerde, bei 200 Atmosphären wurden sie träge, kamen aber nach Druckverminderung wieder zu sich; bei 300 Atmosphären waren sie starr und todt; bei 400 Atmosphären faulten sie in diesem Zustande der Starre.

Histologische Untersuchung [4]) der durch Druck getödteten Thiere ergab, dass Muskeln und Nerven verändert, das Gewebe stark mit

1) Guenther, l. c. S. XXIV. — 2) Agassiz, Blake I, S. 304. — 3) Regnard, Compt. Rend. Acad. T. 1884, S. 145. — 4) Regnard, Compt. Rend. Acad. T. 102, S. 175.

Wasser imprägnirt und in den äusseren Gefässen sogar die Blutkörperchen zerstört waren. Der ganze Thierkörper war durch Wasseraufnahme schwerer geworden.

Es ist nun interessant, dass der Druck von 200 Atmosphären, bei welchem Fische leiden, jener Tiefe von 2000 m entspricht, bis zu der Oberflächenformen in die Tiefe steigen. Denn unterhalb 2000 m beginnt das Reich der vollständig anders gebauten Tiefseefische.

Wohl die interessantesten Beobachtungen über den Einfluss des Drucks auf die Fauna der Tiefsee hat neuerdings Fürst Albert von Monaco gemacht. Bekanntlich sterben die aus der Tiefsee emporgebrachten Thiere meist kurze Zeit nach dem Fang. Bei den Fischen ist es begreiflich, dass durch den verminderten Druck die Schwimmblase zersprengt wird, das in ein besonderes Gefässsystem eingeschlossene Blut und die in den Geweben vorhandene Lymphe sich soweit ausdehnen, dass der Tod des Thieres rasch herbeigeführt wird.

Weniger leicht lässt es sich einsehen, warum niedere Thiere ohne hydrostatische Apparate, ohne ein geschlossenes Blutgefässsystem durch blosse Druckverminderung sterben sollen. Fürst Monaco beobachtete, dass die im Atlantik [1]) aus einer Tiefe von 1400 m und einer Temperatur von 3° heraufgebrachten Tiefseethiere nur noch einen Schimmer von Leben zeigten, und die Bewohner grösserer Tiefen ausnahmslos todt an die Oberfläche kamen, während im Mittelmeer aus einer Tiefe von 1650 m bei 13° C. die meisten Tiefseethiere in voller Lebenskraft in die Hände des Beobachters gelangten. Ja ein Krebs, *Acanthephyra pulchra*, lebte mehrere Tage noch ganz wohlbehalten weiter. Zugleich fand man mehrere identische Fischarten im Mittelmeer sowohl in 50 wie in 1650 m Tiefe. Diese Thatsache lehrt, dass die Druckverminderung lange nicht so schwere Folgen in physiologischer Beziehung nach sich zieht, als der rasche Wechsel sehr verschiedener Temperatur.

Wenn man berücksichtigt, dass die meisten, der zu den obenerwähnten Experimenten benutzten Organismen, Süsswasserbewohner waren und also in relativ geringen Tiefen bei geringem Druck zu leben gewöhnt sind, so wird es begreiflich, dass Meeresthiere durch Druckdifferenzen des Wassers noch weniger beeinflusst werden. Die Untersuchungen Carpenters [2]) auf der Procupine ergaben daher schon 1869 das seitdem vielfach bestätigte Resultat, dass keine bathymetrische Begrenzung des ozeanischen Lebens in der Tiefe existirt, und dass die Temperatur des Wassers für das marine Thierleben wichtiger ist als der Druck.

Denn gegenüber den zeitlich und örtlich schwankenden Temperaturen des Oberflächenwassers besitzt die Tiefsee eine zwar niedrige, aber sehr unveränderliche Temperatur. Sobald wir uns aus dem Bereich der Küsten und der Wasseroberfläche entfernen, werden die Temperaturveränderungen immer geringer, und am Boden tiefer Meeresbecken herrscht eine konstante Temperatur über weite Erstreckung hinweg. Die Bodentemperaturen des offenen Meeres betragen + 3 bis − 3° C, in abgeschlossenen Meeren kennt man höhere, aber ebenfalls invariabele Wärmegrade.

Dacrydium vitreum, welches früher im Hardanger Fjord in 146 m

1) Albert I, Fürst von Monaco. Zur Erforschung der Meere und ihrer Bewohner, übersetzt von Marenzeller. Wien 1891.

2) Carpenter, Proc. Roy. Instit. 1870. V, S. 503.

gefunden worden war, fand die „Procupine" auf Station 37 in 4458 m. *Syndesmya intermedia* kommt im Polarmeer in 5 m, in südlicheren Breiten aber in 4453 m vor. Ich könnte die Reihe solcher Beispiele lange fortsetzen, und verweise auf die folgenden bathymetrischen Listen, um zu zeigen, dass der Wasserdruck für eine grosse Zahl niederer Thiere eine ganz untergeordnete Rolle spielt, während die Temperatur für ihre Vertheilung massgebend ist. In der Magellanstrasse dredgte MOSELEY blinde Krebse und andere Tiefseethiere in 220 m. Sogar in den Tropen findet man gelegentlich Tiefseethiere in relativ geringer Tiefe (wohl infolge kalter Unterströme), so bei St. Thomas in 820 m. Bei Cebu in dem Philippinen-Archipel scheint die Tiefseefanna in manchen Vertretern bis 170 m zu gehen, obwohl die Temperatur in dieser Tiefe 20° C. beträgt. Infolgedessen ist es schwer, aus dem Charakter einer Fauna zu entscheiden, ob sie aus 700 m oder 4500 m stammt.

Die Bedingungen der Tiefsee sind keinen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Infolgedessen können sich alle Thiere, welche unter den spezifischen Umständen jener Region zu leben im Stande sind, in Zahl nnd Grösse ungehindert vermehren und ausbilden. Ein Netzzug des Challenger[1]) in 1828 m ergab 200 Thiere mit 79 Arten und 55 Gattungen, ein Netzzug in 2926 m brachte 200 Thiere herauf mit 84 Arten und 75 Gattungen. Selbst in Tiefen über 8000 m fing man Fische und niedere Thiere aus allen Klassen und konnte sich überzeugen, dass dieselben in jenen ungeheueren Tiefen gut leben können. Im Allgemeinen darf man zwar sagen, dass thierisches Leben am Meeresboden nahe den Kontinentalküsten reicher ist als in den entsprechenden Tiefen nach dem Mittelpunkt der Ozeanbecken zu, aber wenn man bedenkt, wie gering die Möglichkeit ist, mit einem Netz an einem 10 km langen Tau die Thiere des Meeresbodens zu erbeuten, so muss uns die Zahl der hierbei wirklich gefangenen Organismen immer noch in Erstaunen setzen.

Sehr bemerkenswerth ist die Grösse, welche viele Tiefseethiere erreichen. Der Fürst von Monaco fing in einer Tiefseereuse einen Krebs mit 1 m langen Fühlfäden, und v. WILLEMOES-SUHM[2]) berichtet, dass man in grossen Tiefen gigantische Krebse findet, die im Flachwasser durch kleinere Formen vertreten sind. Viele Tiefseekrebse[3]) zeichnen sich auch durch sehr grosse Eier aus, die oft zehnmal so gross sind wie bei verwandten Flachseeformen. Die Einrichtung hängt wohl damit zusammen, dass die Nahrung in der Tiefsee relativ spärlich ist. Infolgedessen durchlaufen die jungen Krebse innerhalb des Eies eine abgekürzte Metamorphose und schlüpfen viel grösser und erwachsener aus.

Eine wichtige Eigenschaft der Tiefsee ist es, dass ihr Klima auf ungeheuere Räume absolut unveränderlich ist. Damit hängt es zusammen, dass die Tiefseefauna über die ganze Welt kosmopolitisch verbreitet ist. A. AGASSIZ, welcher die Tiefseefauna der Amerikanischen Meere auf mehreren Expeditionen gründlich kennen gelernt hatte, war überrascht, als ihm die Sammlungen des CHALLENGER dieselben Typen darboten. *Bathyactis symmetrica*[4]) und *Cryptohelia pudica* findet man kosmopolitisch. Die portugiesischen Fischer finden beim

1) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 250. — 2) v. WILLEMOES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1874, S. XXII. — 3) SMITH, Americ. Journal 1884, II, S. 56. — 4) MOSELEY, Nature 1880, S. 546.

Fang eines Tiefseehaies, in ihre Angelleine verwickelt, dieselbe *Hyalonema*, welche die japanischen Fischer in der Bucht von Enoshima beim Fang eines ähnlichen Haies mit heraufbringen. Die Tiefseemollusken [1]) des Golfes von Gascogne finden sich bei Norwegen, Schottland und Grönland wieder.

Für die Tiefsee giebt es keinen Wechsel von Tag und Nacht, keinen Wandel der Jahreszeiten und des Klimas. Unverändert herrschen in jenen Abgründen konstante Temperaturen, konstanter Druck und konstante Lichtarmuth. Das einzige, was einem Wechsel unterworfen sein dürfte, ist nach MOSELEY die Nahrung. Denn wir haben gesehen, dass die Tiefsee selbst keine Nahrungsmittel produzirt. Direkt oder indirekt nähren sich alle Tiefseethiere von den Produkten, welche in der diaphanen Region erzeugt worden sind. Nachdem die sommerliche Wärme und die reichere Besonnung des Sommers ein reiches Pflanzenleben erzeugt haben und in vielen Algen eine Menge von Reservestoffen gebildet worden sind, kommt der Herbst mit seinen Stürmen. Bis in grosse Tiefen wird das Wasser erregt, die abgekühlten Wasserschichten der Oberfläche sinken langsam hinab und reissen alle losen Pflanzen und die aus dem Zerfall von Flachseeorganismen entstandenen Eiweissbestandtheile in die Tiefe. So bringt der beginnende Winter der Tiefseefauna neue Nahrung und neue Existenzmittel.

Wir haben festgestellt, dass der Lebensbezirk der Tiefsee durch Dunkelheit, hohen Druck, gleichmässige niedere Temperatur und die Invariabilität ihrer Existenzbedingungen charakterisirt ist, und müssen es hier nochmals betonen, dass nur das gemeinsame Auftreten dieser verschiedenen Faktoren den Charakter der Tiefsee bestimmt. Infolgedessen dürfen wir nur solche Thiere als echte Tiefseethiere bezeichnen, deren Leben von allen diesen Faktoren abhängig ist.

Nächst diesen positiven Charakteren ist es nützlich, sich zu erinnern, dass die physikalischen Verhältnisse durch eine Anzahl negativer Charaktere nicht minder scharf ausgezeichnet sind. Der Tiefsee mangelt die Pflanzenwelt. Infolgedessen fehlen Pflanzenfresser und andere Anpassungsformen an die Flora. Der Tiefsee mangelt die Wasserbewegung, denn der Einfluss der Wellen und Strömungen setzt sich nur mit unmessbar kleinen Verschiebungen in grössere Tiefen fort. Die Zirkulationsbewegungen des Wassers aber sind ebenfalls unmessbar in ihrer Geschwindigkeit. Es fehlen daher alle kräftigeren Skelettgebilde. Der Tiefsee mangelt der für die Flachsee charakteristische Wechsel der Facies, denn die Tiefseesedimente sind über weite Strecken unveränderlich dieselben. Der Tiefsee mangelt in der Regel auch ein fester Untergrund. Infolgedessen zeigt die Fauna Anpassungserscheinungen an das Leben im weichen Schlamm.

Es ist interessant zu vergleichen, wie unmöglich es wird, die bionomischen Verhältnisse der Tiefseefauna scharf zu bezeichnen, wenn man, wie es öfters geschehen ist, nur einen Faktor als charakteristisch für die Tiefsee anerkennen will.

Von mehreren Biologen ist der Mangel des Lichtes als allein charakteristisch für die Tiefsee hingestellt worden und die Assimilationsgrenze von 400 m als obere Grenze der Tiefsee bezeichnet worden. Die Folge davon ist, dass sich erstens die Grenze der Tiefsee bei

1) MILNE EDWARDS, Comptes Rend. Acad. T. 91, S. 357.

Nacht um mehrere hundert Meter verschiebt. Konsequenter Weise muss man dann zugeben, dass im Polarmeer die Oberfläche des Wassers ein halbes Jahr lang zur Tiefsee gehört. An den Mündungen grosser Flüsse, oder an schlammigen brandenden Ufern liegt dann die Tiefseegrenze in 50 m Tiefe, während nahe dabei an einer felsigen Steilküste die obere Grenze 600 m tief liegen kann. Man könnte auch den hohen Wasserdruck als einzig charakteristischen Faktor der Tiefsee hinstellen. Aber dann würde man überhaupt auf den Lebensbezirk der Tiefsee verzichten müssen, denn nur gewisse Thiere sind nicht im Stande, einen Wechsel des Druckes zu ertragen. Nach MOSELEY[1]) findet man: *Terebratula vitrea* von 9—2924 m, *Waldheimia* vom Strand bis 3953 m, *Discina* von 91—4576 m, *Antedon* von 1—3865 m, *Amphiura* von 4—4890 m, *Lumbriconereis fragilis* von 1—3256 m, *Dentalium* von 1—4800 m, *Myriochele* von 1—5310 m, *Priapulus* von 1—5030 m, *Balanoglossus* von 1—4610 m, *Scalpellum* von 1—5250 m. Alle diese Thiere sind also vollkommen unabhängig von dem Wechsel des Wasserdruckes um 3—500 Atmosphären. Will man endlich nur die niedrige invariabele Temperatur als charakteristisch für die Tiefsee herausnehmen, so ist die Konsequenz, dass innerhalb des Polarkreises beständig eine Tiefseefauna im seichten Wasser lebt. Ich verkenne nicht, dass es auch wieder Schwierigkeiten macht, für ein bestimmtes Thier mit Sicherheit zu entscheiden, ob es ein Tiefseebewohner ist oder nicht. Eigentlich kann hier nur das Experiment entscheiden. Aber im Allgemeinen wird man nicht fehlgehen, die kosmopolitische Verbreitung eines Thieres über weite Strecken des Tiefseebodens als charakteristisches Kennzeichen anzunehmen. Sagt doch AGASSIZ[2]), dass die monotone Tiefseefauna, welche bis 550 m heraufsteigt, sich wohl unterscheidet von der in lokalen Faunen auftretenden Thierwelt der Flachsee, welche bis 270 m hinabsteigt. Dazwischen liegt eine Uebergangszone mit Arten, welche nicht den lokalen Faunen der Flachsee angehören, aber auch nicht die weite Verbreitung der Tiefseeformen besitzen.

Man darf wohl unbedenklich die Bewohner des Rothen Thones als echte Tiefseethiere betrachten; ich gebe daher zum Schluss die in diesem Gebiet beobachteten Formen nach der Liste von NORMAN[3]):

	Faden	Meter
Fische:		
Typhlonus nasus	2440	4462
Echiostoma microdon	2440	4462
Bathyopterois longicauda	2550	4662
Gonostoma gracile	2425	4434
Mollusken:		
Dentalium leptosceles	2600	4754
Brachiopoden:		
Terebratula Wyvillei	2600	4754
Tunikaten:		
Culeolus Murrayi	2300	4206
Stycla bythia	2600	4754
Hypobythus calycodes	2900	5303

1) Ref. im Zool. Jahresbericht 1880, I, S. 86, nach Nature 1880.
2) AGASSIZ, On the dredging operations. Bull. Mus. Comp. Zool. V, 14.
3) NORMAN, Presidential Adress. Trans. Nat. Hist.-Soc. of North. Durh. Newc. and Tyneside Nat. Fj. Club VIII, I, 1883.

	Faden	Meter
Bryozoen:		
Farciminaria pacifica	2300	4206
Salicornaria malvinensis	1450	2651
— *tenuirostris*	2200	4023
— *bicornis*	2200	4023
Bifaxaria abyssicola	3125	5714
Krebse:		
Haliporus curvirostris	2375	4343
Hepomadus inermis	2550	4662
Gennadus parvus	2425	4434
Boreomysis obtusata	2740	5010
Bairdia hirsuta	1825	3336
Cythere Suhmi	2300	4206
— *circumdentata*	2350	4297
— *Normani*	1825	3336
— *dasyderma*	1825	3336
— *acanthoderma*	1825	3336
— *dictyon*	1825	3336
Krithe producta	1825	3336
Cytheropterum mucronulatum	1825	3336
— *abyssorum*	2600	4754
Echinodermen:		
Elpidia glacialis	2600	4754
— *rigida*	2300	4206
Scotoplanes mollis	2600	4754
Periagone atrox	2600	4754
Scotoanassa diaphana	2600	4754
Achlyonice paradoxa	2300	4206
Oneirophanta mutabilis	2900	5303
Benthodytes typica	1500	2743
— *mamillifera*	2225	4068
Pourtalesia laguncula	2900	5303
Cystechinus Wyvillii	1825	3336
Marsipaster spinosissimus	2335	4267
Hymenaster geometricus	2335	4267
— *echinulatus*	2335	4267
— *carnosus*	1500	2743
— *infernalis*	2900	5303
Benthaster Wyvilli Thomsoni	2900	5303
Porcellanaster tuberosus	1875	3427
— *crassus*	2335	4267
Ophioglypha Loveni	2600	4754
— *bullata*	2650	4845
— *convexa*	2350	4297
— *undata*	1450	2651
Ophiocten pallidum	2600	4754
Ophiomusium Lymani	1825	3336
Ophiomastes tegilitius	2600	4754
Amphiura cornua	2300	4206
Amphilepis papyracea	2150	3931
Ophiochyta epigrus	2350	4297

	Faden	Meter
Echinodermen:		
Ophiacantha placentigera	1350	2468
Ophiambix aculeatus	1350	2468
Ophiogeron edentulus	1350	2468
Ophiohelus pellucidus	1350	2468
Ophiothela supplicans	1825	3336
Ophioceras abyssicola	2300	4206
Antedon sp.	2900	5303
Aktinien und Korallen:		
Coralliomorphus profundus	2025	3702
Antheomorpha elegans	2900	5303
Liponema multiporum	1875	3427
Amphianthus bathybium	2300	4206
Porponia elongata	2600	4754
Deltocyathus Italicus	2375	4343
Bathyactis symmetrica	2900	5303
Umbellula Thomsoni	2125	3895
— *leptocaulis*	2440	4462
Scleroptilon grandiflorum	2300	4206

Dazu kommen noch Spongien und Foraminiferen.

Die in der obigen Liste enthaltenen Thiere gehören zu den eigentlichen Tiefseeformen, welche, wie es scheint, nur in den dunklen, pflanzenlosen, unveränderlich kalten, unbewegten, unter hohem Druck stehenden Abgründen des Meeres gedeihen.

Aber zu diesen kommen eine Anzahl von Gästen, welche, aus anderen Lebensbezirken stammend, doch zeitweise oder gelegentlich zur Tiefseefauna mitgehören. Hierher gehören erstens die Flachseethiere, welche stenotherm sind und aus diesem Grunde auch in der Tiefsee leben können. Viele Brachiopoden, Echinodermen, Würmer, welche im kalten Wasser der Polarmeere in geringen Tiefen angetroffen werden, steigen in südlicheren Breiten bis in die Tiefsee hinab, da sie gegen Druckveränderungen unempfindlich sind und in der Tiefsee die ihnen zusagende konstante niedrige Temperatur finden. Nur Pflanzenfresser können niemals Tiefseebewohner werden. Eine andere Kategorie von Gästen in der Tiefseefauna bilden die Planktonthiere, welche im Stande sind, grosse vertikale Wanderungen zu unternehmen, und die Dunkelheit lieben. So finden wir viele Bewohner des offenen Meeres, welche des Nachts zur Oberfläche heraufsteigen, am Tage in beträchtlicher Tiefe und wahrscheinlich wird man bei genaueren Untersuchungen über dem Boden der Tiefsee nicht nur die meroplanktonischen Larven solcher Thiere finden, welche gewöhnlich am Grunde leben, sondern, ihnen beigemischt, auch Formen erkennen, welche alle Regionen des offenen Meeres bevölkern.

Endlich scheint es nicht ausgeschlossen zu sein, dass unter den Bewohnern der Tiefsee auch manche Formen sind, welche im Begriff stehen, in die Tiefsee einzuwandern. Ist doch die Tiefseefauna zweifellos ein Abkömmling der diaphanen Region, und aus Formen der Flachsee und des offenen Meeres auch geschichtlich abzuleiten.

17. Die ozeanischen Archipele.

Eingestreut in die unendliche Fläche des offenen Meeres, hervortretend aus dem Schoosse der Tiefsee, begegnen uns die ozeanischen Inselgruppen. Sie sind nicht wie die Kontinentalinseln von grösseren Festländern abgetrennt worden, sondern sie wuchsen im Meere selbst empor und sind Kinder des Ozeans.

Die einen sind durch vulkanische Thätigkeit entstanden. Indem sich Aschenergüsse und Lavadecken um den Eruptionskanal herum aufbauten, entstand auf dem Boden der Tiefsee ein immer mehr wachsender Hügel, der allmälig zur Untiefe wurde, und endlich als Vulkaninsel aus den Fluthen auftauchte. Weicher vulkanischer Tuff und härtere Lavafelsen setzen den Vulkankegel zusammen, und das Beispiel der Insel „Julia" lehrt, wie rasch eine solche Vulkaninsel entstehen und wie rasch sie wieder von den Wellen zerstört werden kann. Heftig bricht sich die Brandung an den Ufern der Insel, eine Tuffwand nach der anderen wird untergraben und so ist das Meer bestrebt, aus der Vulkaninsel bald wieder eine Untiefe zu erzeugen.

Eine zweite Gruppe von ozeanischen Archipelen sind die Koralleninseln. Auch sie sind im offenen Meere entstanden, und wenn sie auch vielfach einen vulkanischen Kern haben mögen, so hat man doch durch Bohrungen feststellen können, dass oft mehr als 500 m Korallenkalk die Insel zusammensetzt. Die Koralleninseln sind der Brandung gegenüber widerstandsfähiger, denn je stärker die Wellen daherstürmen, desto reichlichere Nahrung bringen sie den Riffkorallen und desto besser wachsen die Riffe.

Die Vulkaninseln ebenso wie die Koralleninseln treten gewöhnlich in Gruppen auf, und ebenso charakteristisch ist es für die Mehrzahl von beiden, dass sie fern von jedem Festland auf dem Boden der Tiefsee stehen. Infolgedessen stellen die ozeanischen Archipele einen besonderen Typus bionomischer Verhältnisse dar, den wir, soweit methodische Beobachtungen hierüber vorliegen, in diesem Abschnitt zu schildern versuchen werden.

Durch die ozeanischen Archipele wird in erster Linie das topographische Relief des Meeresbodens verändert. Wo sich vorher ein fast horizontaler Tiefseegrund erstreckte, erhebt sich jetzt eine vielgestaltige Klippenwelt mit steilem Böschungswinkel. Die unveränderliche Ebene der Tiefsee hat eine Unterbrechung erlitten, und in all-

mäligen Uebergängen sind zu den bionomischen Verhältnissen der Tiefsee die Existenzbedingungen der Flachsee, des Strandes und des Festlandes getreten. Aber damit hat sich die Facies des betreffenden Meerestheiles vollkommen gewandelt. An Stelle des mit weichem Schlick bedeckten Tiefseebodens sind grobe Sande, Gerölle und Felsenzüge getreten, und damit haben Thiergenossenschaften, welche dem Gebiete früher fremd waren, Gelegenheit gefunden, sich anzusiedeln und zu gedeihen. Zu gleicher Zeit rückt die betreffende Stelle des Meeresbodens aus der aphotischen in die diaphane Region. Zu der Fauna gesellt sich eine reiche Flora, und während vorher fast alle Nahrung aus dem fernen Polarmeer oder aus dem Plankton bezogen werden musste, sind plötzlich neue einheimische Nahrungsquellen geöffnet worden, die auch das umgebende Gebiet mit Subsistenzmitteln versehen.

Auch das Leben des offenen Meeres wird verändert, denn zu dem pelagischen Plankton tritt neritisches Plankton hinzu; und wenn der Archipel als bergige Inselgruppe das atmosphärische Wasser kondensirt, dann rücken hier die bionomischen Verhältnisse von Aestuarien und Binnenseen Wand an Wand mit den Existenzbedingungen der Tiefsee. Festländische Organismen werden durch Wind und Wellen herbeigetragen und auf engem Raum finden wir alle bionomischen Typen der Lebensbezirke vereint.

Der Boden der Tiefsee ist fast horizontal; scharf kontrastirt hiermit der Neigungswinkel ozeanischer Inseln. Am Aussenrande von Tahiti beobachteten MURRAY und SWIRE[1]) folgende Zahlen:

Abstand vom Riffrand:	Tiefe:	Neigungswinkel:
0		3,26°
45 m	2 m	4,07°
90 m	6 m	15,00°
140 m	18 m	15,38°
180 m	30 m	13,30°
230 m	42 m	4,34°
270 m	45 m	72,39°
320 m	190 m	38,39°
365 m	230 m	50,12°
410 m	300 m	45°.

In Tiefen von 1230 m enthielt das Sediment 19% Kalk, bis zu 270 m bestand der Grund aus Korallensand mit vulkanischen Mineralien und den Resten pelagischer Thiere. Weiter oben war der Meeresboden so uneben, dass es unmöglich war, das Schleppnetz zu ziehen, doch erbeutete man Spongien, Alcyonarien, Korallen und andere wirbellose Thiere. Direkt nebeneinander lothete man 10 oder 30 m in den mit Höhlen durchzogenen Riffen. An den Bermuda's fand der Challenger[2]) in einer Lothungsreihe:

in 4113 m : Globiger. Schlick
„ 3328 m : „ „
„ 2422 m : Korallenschlamm
„ 1737 m : „
„ 1426 m : „
„ 218 m : „

1) CHALLENGER, Narrative II, S. 779.
2) CHALLENGER, Narrative I, 139, Taf. 8, Linie 32.

Dann folgte Felsengrund mit vereinzelten sandigen und schlammigen Flächen. Der Neigungswinkel, welcher von 1800 bis 730 m etwa 7—15 ° betragen hatte, stieg von da bis zur Oberfläche zu 20 °.

DANA[1]) beschreibt noch bedeutendere Böschungen von Koralleninseln:

Enderbury I. 1:6, 1:3, 1:1,5, 1:4
Hulls I. 1:13
Swains I. 1:7, 1:13
Danger I. 1:1, 1:0,75.

Endlich hat BUCHANAN[2]) an der Daciabank westlich von Mogador Böschungswinkel von 7—43 ° gefunden, am Südostabhang der Bermudas 5—42 ° Neigung.

Es ist interessant, wenn man damit die grössten Böschungswinkel an der Küste von Marocco vergleicht. Hier betrug die stärkste Neigung 11 ° und unter 32 ° N. Br. fand man folgende Winkel:

Tiefen in Faden:	Winkel:
106—	3,2 °
220—	2,5 °
596—	2,0 °
780—	2,5 °
843—	2,7 °
995—	2,7 °
1640—1763	0,6 °

Infolge der vielen felsigen Unebenheiten, welche an den Flanken ozeanischer Inseln auftreten, ist es bisher nur selten gelungen, grössere Stellen abzudredgen, um so reicher aber war die Fauna, welche bei solcher Gelegenheit erbeutet wurde.

Der CHALLENGER[3]) fand bei Tristan d'Acunha in 270 m ein Sediment, welches zu 76 % aus grösseren benthonischen Formen bestand. Ja in der Umgebung von Madeira war in 1125 m noch ein grober Sand, auf welchem 88 % grössere Thiere mit Kalkpanzern lebten. Und wenn man bei den Dredgelisten die Planktonreste der Globigerinen u. s. w. abzieht, so erkennt man leicht, dass die Umgebung ozeanischer Inseln meist einen grösseren Thierreichthum des Meeresbodens zeigt, als die eintönigen Abgründe der flachen Tiefsee.

Dieser grössere Thierreichthum ist aber auch dann vorhanden, wenn die Erhebung des Meeresbodens eine wasserbedeckte Untiefe bildet, ohne festländische Regionen zu erreichen.

Im Golfe von Neapel erheben sich aus dem sehr wenig geneigten, mit grünem Schlamm bedeckten Meeresboden eine Anzahl submariner Inseln, deren Entstehung[4]) aus abradirten Vulkanen mit grosser Wahrscheinlichkeit erschlossen werden kann.

Während die umgebenden Schlammgründe eine sehr arme Fauna besitzen, lebt auf der Secca di Benda Palummo und den anderen Untiefen eine überaus reiche Thierwelt. Das Schleppnetz kommt aus Tiefen von 50 m, erfüllt mit zahllosen Echinodermen, Mollusken,

---

1) Americ. Journal 1885. II, S. 95.
2) BUCHANAN, Proc. Edinb. R. Soc. XIII, S. 440.
3) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 36 u. 72.
4) J. WALTHER, J vulcani sottomarini del Golfo di Napoli, Boll. Com. Geol. Roma 1886, Nr. 9.

Krebsen, Würmern, und ebenso reich ist die dazwischen lebende Algenflora.

Je weiter wir an den Flanken der Inseln emporsteigen, desto reicher wird die Thierwelt. Wir kommen in das Reich des Lichtes und mit der Entfaltung der marinen Flora vervielfältigt sich die Fauna.

Wir haben früher gesehen, dass die benthonische Flora des Meeres einen unverschiebbaren Untergrund zu ihrem Gedeihen bedarf. Ihn findet sie sowohl auf Vulkanklippen, wie auf Koralleninseln. In den arktischen Meeren säumen Laminarien, im Antarktik *Macrocystis*-gebüsche die felsigen Ufer der Inseln. Die Nester[1]) des Weisskopfs, welcher in grossen Schaaren auf St. Paul lebt, werden aus den Blättern von *Caulerpa clavifera* gemacht, welche die Felsengründe der Buchten überzieht.

Sehr reich ist die Florideenflora der Koralleninseln. Am Rande von Keeling Atoll[2]) gedeihen drei Arten von Nulliporen sehr gut. Die rothe Färbung der Marshallriffe wird durch eine Nullipore veranlasst, welche sehr häufig ist. In Westindien kommt das Senkblei aus 18—360 m, sehr allgemein mit den abgestorbenen Gliedern einer *Halimeda* bedeckt, herauf. Auf Mauritius sind Nulliporen ungemein häufig.

An der Accesible-Bay[3]) auf Kerguelensland zieht sich längs des Ufers eine bei Ebbe entblösste Terrasse. In den Vertiefungen nnd Rinnen, welche die Wellen auf ihr ausgenagt haben, wuchern grüne Conferven und Ulven. In 2—3 m folgt eine zweite Terrasse, bedeckt mit rothen, braunen und grünen Florideen, welche hier in üppigster Fülle gedeihen. Dazwischen wächst die *D'Urvillia utilis*, deren gewaltige fleischige Blattflächen die Wasseroberfläche erreichen. In dem zähen Schlamm von 8—36 m Tiefe liegen mächtige Basaltblöcke, welche den Wurzeln der *Macrocystis gigantea* zur Stütze dienen.

Aber der Pflanzenreichthum ozeanischer Inseln wird vielleicht noch übertroffen von dem reichen Thierleben, welches im flachen Wasser ihrer Abhänge gedeiht. Ich brauche nur daran zu erinnern, dass die Mehrzahl aller ozeanischen Inseln ganz mit Korallenriffen bedeckt sind, um zu zeigen, welche reiche Fauna dort lebt. Um ein Beispiel herauszugreifen, wollen wir die Beobachtungen von Moebius[4]) über die Insel Mauritius hier erwähnen: Ausser 40 Arten von Steinkorallen sind noch einige Alcyonarien und Malakodermen häufig. Dazu kommen 21 Hydroiden und 13 Bryozoen. Von Foraminiferen tragen hauptsächlich *Amphistegina Lessonii* und *Carpenteria Raphidodendron* zur Bildung der Korallenriffe bei. 28 Arten von Holothurien leben auf den Riffen, sowie 17 Echiniden. Der Darm der auf dem Korallenriff wohnenden Seeigel enthält oft Schalen von Foraminiferen. *Heterocentrotus trigonarius* und *H. mammilatus* bohren sich runde Höhlen in den Kalk. Muscheln sind schwer zu finden, da sich die meisten durch Einsenken in den Riffsand gegen die Wucht

---

1) Challenger, Narrative I, S. 204.
2) Darwin, Korallenriffe. Stuttgart 1876, S. 9, 25, 87.
3) Studer, Archiv f. Naturgesch. 1879, S. 116.
4) Moebius, Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen. Berlin 1880, S. 36—50.

des brandenden und strömenden Wassers schützen. Auf Steinen findet man *Ostrea violacea*, in feinem Sande *Pinna aequilatera*. Unter allen Thierklassen, welche die Korallenriffe bewohnen, ist keine durch so viele Arten vertreten wie die Schnecken. Man findet auf den Riffen von Mauritius 336 beschalte, und 20 nakte Gastropoden. Es giebt keine Region des Riffes, wo sie fehlten. *Litorina* und *Onchidium* sitzen oft lange Zeit auf den Klippen über dem Wasser, wo sie nur von dem Spritzwasser der Brandung benetzt werden. Kleine *Mitra* graben sich bei Ebbe in den entblössten Kalksand ein, um sich gegen die heissen Sonnenstrahlen zu schützen. Unter den entblössten Steinen findet man verschiedene Arten kleiner Schneoken, und in den Lachen klaren stehenden Wassers, sowie in den Rinnen, in denen das überstürzende Wasser der zurückgewichenen Brandung auch bei der tiefsten Ebbe noch binnenwärts fliesst, kann man immer auf reiche Ernten von wundervoll gefärbten beschalten und nakten Gastropoden rechnen. Planarien und Gephyreen halten sich gern an rauhen, mit Höhlungen versehenen Blöcken auf, welche bei Fluth mit schäumendem Brandungswasser übergossen werden. Gephyreen findet man auoh an ruhigeren, mit Kalksand bedeokten Stellen des flachen Riffgrundes. Das Riff ist reich an Dekapoden, bei Mauritins leben 123 Arten. Vor der Mündung des Blackriver findet sich unter Steinblöcken sogar eine Spinne (wahrscheinlich identisch mit der auf den Riffen von Singapore vorkommenden *Desis Martensii*). Die Fischfauna umfasst 471 Arten.

Wenn wir nun erwägen, dass die Mehrzahl solcher ozeanischer Inseln aus dem Grunde der Tiefsee emporgewachsen sind, dass also im Laufe der geologischen Geschichte Tiefseeboden zu Inselgrund geworden ist, so können wir ermessen, welche fundamentale Veränderung aller bionomischen Umstände hier lokal vor sich gegangen ist.

Aber nicht nur das Benthos wird in der Umgebung von Inseln wesentlich reicher und in seiner Znsammensetzung verändert, nein auch das Plankton des umgebenden Meeres erhält einen anderen Charakter, es stellen sich neritische Formen ein. Indem sich der Challenger[1]) den Küsten von Neuguinea näherte, traten an der Meeresoberfäche *Noctiluca miliaris* und andere Anzeigen von Küstenbewohnern auf. Die Planktonexpedition[2]) fand in der Umgebung der Bermudas, besonders im St. Georgshafen eine echte neritische Planktonflora. Zahlreiche Formen, die man im offenen Atlantik nirgends gefunden hatte, traten hier auf, obwohl das amerikanische Festland so weit entfernt ist, dass dieses keine eigentliche Küstenwirkung mehr ausüben kann. Auch qnantitativ kam der neritische Reichthum zum Ausdruck.

Das mannichfaltige Bild mariner Existenzbedingungen wird aber an den ozeanischen Archipelen dadurch noch erweitert, dass zu den Bewohnern des tieferen Meeres, die litoralen und festländischen Organismen hinzutreten. Auf vulkanischen, wie auf Koralleninseln bilden sich leicht Relictenseen. Die Lagunen der Atolle, wie die durch Sandbänke abgedämmten Kraterseen erhalten leicht einen brakischen, oder sogar

1) Challenger, Narrative II, S. 679.
2) Schuett, Das Pflanzenleben der Hochsee, S. 55.

süssen Wassercharakter. Und so sind auf ozeanischen Inseln alle Bedingungen gegeben für eine Besiedelung der festländischen Areale vom Meere aus. Wir wollen nur erwähnen, dass die litoralen Thiere gerade auf Inseln leicht festländische Lebensweise annehmen. Auf Neuhannover verdienen die Bernhardkrebse [1]) förmlich zu den Landthieren gerechnet zu werden. Ueberall am Boden der Wälder, auf Büschen und Baumstämmen liefen sie mit Gehäusen von *Litorina, Nerita* u. s. w. umher einer fand sich sogar 4 km vom Meere entfernt in der Schale einer *Melania* in dem steilen Flussbett des Gebirgszuges. Der Kratersee auf St. Paul bildet einen gesuchten Laichplatz für viele Arten von Seefischen und Krebsen. Auch Meerschildkröten besuchen vielfach ozeanische Inseln, um hier ihre Eier abzulegen, z. B. auf Ascension [2]).

Aber wenn die ozeanischen Archipele nur auf die Besiedelung von Seiten des Meeres angewiesen wären, würden sie wohl ziemlich unbelebt bleiben. Die Existenz zahlreicher Landpflanzen und Landthiere auf denselben ist nur durch Einwanderung aus fernen Festländern zu erklären. Als Besiedelungswege der Inseln werden wir in einem späteren Abschnitt die Luft- und Meeresströmungen kennen lernen. Viele Samen und Keime werden auch durch wandernde Zugvögel auf einsame Inseln verfrachtet. Die Landflora ozeanischer Inseln ist charakterisirt [3]) durch die Armuth an ursprünglich einheimischen Arten, durch die verhältnissmässig grosse Zahl spezifisch eigenthümlicher Formen, das Vorherrschen der Sporenpflanzen und phanerogamischer Süsswassergewächse, die scheinbar regellose Vertheilung der übrigen Arten unter die verschiedenen Familien, die Beziehungen zum nächsten Kontinent und nach DARWIN durch das Vorkommen von Bäumen und Sträuchern, welche anderwärts nur in krautartigen Typen vorhanden sind. So bildet auf den Azoren *Campanula Vidalii* ein zierliches Bäumchen, die Liliengewächse sind auf Madeira und den Canaren durch den Drachenbaum vertreten.

Da die ozeanischen Inseln ursprünglich vegetationslos waren, so trägt ihre Landflora immer in gewissem Sinne den Charakter der Zufälligkeit und Unbeständigkeit. Nirgends sind die Beispiele von Verwilderung eingeschleppter Arten so häufig als auf den isolirtesten Inseln. *Psidium pomiferum* ist seit 1815 auf Tahiti so heimisch geworden, dass es Theile derselben mit undurchdringlichem Dickicht überzieht.

Die einheimische Flora [4]) der Azoren und Bermudas zeigt noch jetzt besondere Anpassungen an die Verbreitung durch Wind und Wasserströmungen oder durch Vögel, und es kann keinem Zweifel unterworfen sein, dass ausser den Arten, welche auf den Inseln leben, viele andere die Inseln erreicht haben mögen, welche entweder nicht die ihnen zusagenden klimatischen Bedingungen hier fanden, oder die Insekten, welche sie befruchten könnten.

Da die Pflanzen viel leichter verbreitet werden können als Thiere und auch langlebiger sind, so repräsentiren sie, in viel höherem Grade als die Fauna, den ursprünglichen Charakter einer Insel.

1) Gazelle I, S. 210 u. 134.
2) Planktonexpedition I, S. 196.
3) KNY, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1867, S. 215.
4) WALLACE, Island Life, S. 263 u. 310.

Freilich die ersten Ansiedler [1]) ozeanischer Inseln scheinen nicht, wie man oft meint, Palmen und andere edle Tropengewächse zu sein, sondern parasitische, von Federn und Schmutz lebende Insekten. Auf St. Paul fand nämlich DARWIN 2 Vögel, eine grosse behende Krabbe *(Grapsus)*, eine Fliege *(Olfersia)*, einen Käfer *(Quedius)*, eine Holzlaus unter Vogeldünger und zahlreiche Spinnen, welche wahrscheinlich von diesen Insekten lebten.

Betrachten wir die Fauna ozeanischer Inseln im Allgemeinen, so fehlen alle einheimischen Landsäuger und alle Amphibien. Schlangen sind sehr selten, nur auf den Galapagos leben 2 Arten; auch 5 Arten Eidechsen kommen daselbst vor. Dagegen werden Schildkröten öfters gefunden. Die Vögel sind meist Zugvögel oder Wandervögel. Die Insekten haben in der Mehrzahl der Fälle rudimentäre Flügel; auf den Kerguelen [2]) leben sogar nichtfliegende Fliegen, und ein Schmetterling der das Flugvermögen eingebüsst hat. Dieser eigenthümliche Flügelmangel scheint durch die meteorologischen Verhältnisse bedingt zu sein, denn ein Insekt, welches sich in die Luft erhöbe, würde den dort herrschenden Westwinden preisgegeben sein, in die See geworfen werden und in kurzer Zeit zu Grunde gehen; nur flügellose Varietäten konnten sich halten.

Ziemlich reich ist die Fauna der Landschnecken auf Inseln vertreten; doch findet man überall spezifische Arten und Gattungen. Die Atlantidische Region [3]), welche die Azoren, Canaren, Madeira und Capverden umfasst, ist durch *Craspedopoma* charakterisirt, welche nur hier vorkommt. Für St. Helena ist *Helisiga* charakteristisch, für Mahé die Gattung *Mariella*. Für die Sandwichsinseln sind 288 Arten von *Achatinella* bezeichnend, für Tahite 16 Arten von *Patula*.

So können wir in den übereinanderliegenden Lebenszonen an den Abhängen ozeanischer Inseln die biologischen Stadien studieren, welche solche Theile der Tiefsee nacheinander durchlaufen, während sich daselbst durch vulkanische Aufschüttung oder andere Ursachen eine ozeanische Insel bildet. Die Tiefseefauna wird allmälig ersetzt durch Flachseetypen, Pflanzen setzen sich fest und mit ihnen siedeln sich zahlreiche Pflanzenfresser an. Die Untiefe wird zum Festland. Wandernde Seevögel bringen in ihrem Darmkanal Pflanzensamen, an ihrem Gefieder Insekten herbei. Meeresströmungen spülen die Samen litoraler Pflanzen ans Land, Insekten und Vögel werden durch Stürme verschlagen, Landschnecken durch allerlei zufällige Transportmittel herbeigebracht und endlich erhebt sich an Stelle der dunkeln Tiefsee ein reichbewachsener Pic, mit einer seltsam zusammengewürfelten Fauna in die Luft. Süsswasserbäche sammeln sich zu Seen, Wasservögel rasten und bringen neue Einwanderer herbei und die nach der einsamen Insel verschlagenen Gäste wandeln sich unter neuen Umständen zu spezifischen Arten um.

Auf den hervorragenden Einfluss geographischer Absonderung für die Entstehung neuer Arten hat besonders M. WAGNER in vielen Schriften hingewiesen und in einem Aufsatz über die Chorologie der

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers 1875, S. 11.
2) Gazella I, S. 115.
3) P. FISCHER, Manuel de Conchiliologie S. 217.

Organismen auf den ozeanischen Inseln [1]) eine Reihe der interessantesten Thatsachen gesammelt. Auf den Inseln der Galapagos-Gruppe sind von 181 einheimischen, durchaus endemischen Pflanzenarten 123 ausschliesslich nur auf einzelnen Inseln gefunden worden, und nur 5 Arten sind allen Inseln gemein. In den meisten Fällen hat jede einzelne Insel ihre eigenthümliche Vegetation in scharfer lokaler Abgrenzung. So hat nach ANDERSSON die Insel Charles 42, Chatam 28, James 24, Albemarle 19 endemische Pflanzenarten.

Die blaue Faraglionieidechse findet sich nur auf einem Felsen südlich von Capri.

Auf der Insel Oahu im Hawaiarchipel kennt man 485 Arten und 800 Varietäten von *Achatinella*, welche fast alle eine lokale Verbreitung haben.

Auf den Galagapos [2]) enthält jede der Inseln Albemarle, Charles, James, Duncan und Abingdon eine besondere Art der Schildkröte *Testudo*. Jede einzelne Insel hat ebenfalls nur eine einzige Art der Eidechse *Tropidurus*, und ebenso je eine andere Art der Spottdrossel *Nesomimus*. Bemerkenswerth ist es, dass die Insel Hood die grössten Arten von *Tropidurus* und *Nesomimus* besitzt.

Beweise genug für die Anschauung, dass die räumliche Sonderung ein wichtiger Faktor bei der Bildung neuer Arten ist.

---

1) M. WAGNER, Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung. 1889, S. 319.

2) BAUR, Beilage zur Allg. Zeitung 1892, Nr. 35.

18. Die geologischen Veränderungen der Meere.

Auf einem Globus von Manneshöhe würde das Weltmeer eine durchschnittliche Tiefe von 0,5 mm besitzen, und die grösste Wassertiefe von 8513 m bei den Kurilen würde etwas über 1 mm betragen. Im Verhältniss zum Erdganzen sind also die Meeresbecken ganz unbedeutende Depressionen, und die Wasserhülle des Ozeans ist eine sehr dünne Haut, welche sich lückenvoll um den Erdball spannt.

Ein Meer besteht aus drei Theilen: erstens dem topographischen Becken, zweitens den jungen Sedimenten, welche den Boden desselben bedecken, drittens dem Meerwasser, welches dasselbe erfüllt. Jedes dieser drei Elemente ist geologischen Veränderungen unterworfen; und wenn auch das bionomische Resultat solcher verschiedenartiger Veränderungen grosse Uebereinstimmung zeigt, so sind doch deren Ursachen von differentem Charakter. Infolgedessen soll es in diesem Abschnitt unsere Aufgabe sein, in kurzen Zügen den Einfluss solcher verschiedenartiger geologischer Veränderungen auf die physikalischen Zustände des Meeres zu schildern, auf das bionomisch gemeinsame Resultat derselben hinzuweisen und die Folgen derartiger Wandelungen für die Faunen und Flora und die verschiedenen Lebensbezirke des Meeres zu skizziren.

Die feste Erdrinde ist keineswegs so unveränderlich, wie wir nach unseren menschlichen Erfahrungen vermuthen könnten. Vielmehr sind die Gesteinsschichten derselben fast überall wiederholten Verschiebungen unterworfen worden. Es bilden sich Bruchspalten, längs deren die aneinanderstossenden Erdschollen sich vertikal verschieben. Die eine Scholle bleibt stehen, die andere sinkt in die Tiefe. Oder der horizontale Plattenstoss aufeinanderfolgender Gesteinsbänke wird zu einer Falte aufgestaut, und dadurch über sein früheres Niveau emporgehoben. Man hat solche Senkungen und Hebungen: Dislokationen genannt und dieselben früher auf vulkanisch hebende Kräfte zurückgeführt. Allein die Arbeiten moderner Tektoniker haben gezeigt, dass zwar in der Schwerkraft eine Ursache von Senkungen zu suchen sei, dass aber zentrifugalwirkende Hebungskräfte nicht existiren. Vielmehr ist die faltende, hebende Bewegung als die Wirkung eines seitlich horizontal erfolgenden Schubes aufzufassen, welcher eine Folge der Kontraktion des erkaltenden Erdinnern sein dürfte.

Dem eintrocknenden und sein Volumen verkleinernden Apfel gleich, dessen zuweit werdende Schale an einzelnen Stellen einsinkt, an anderen sich runzelt, verkleinert auch der Erdball sein Volumen durch Wärmeausstrahlung nach dem Weltenraume, und die erhärtete Erdrinde sinkt hier ein, während sie sich dort zu Faltengebirgen runzelt. Auf einem Globus von Manneshöhe würde das höchste Faltengebirge der Erde, der Himalaja, 1 mm hoch sein, während der Abstand des 2000 m hohen Tafellandes von Arizona gegen den 6000 m tiefen Boden des Pazifik ebenfalls 1 mm betragen würde. Im Verhältnis zum Erdganzen sind also diese Dislokationen sehr geringfügig, so gross auch ihr Ausmaass nach menschlichen Begriffen sein mag.

Wir unterscheiden mit Suess[1]) als Folge der Volumveringerung unseres Planeten: tangentiale und radiale Spannungen im Felsgerüst der Erde, welche sich in horizontale (schiebende, faltende) und vertikale (senkende) Bewegungen zerlegen, und entsprechende Dislokationen erzeugen. Es giebt weite Gebiete, in welchen horizontale Dislokation vorherrscht, und andere, in denen vertikale Dislokationen erfolgt sind; es giebt auch Strecken, in welchen beide gemeinsam erscheinen, und ein innerer Zusammenhang zwischen beiden erkennbar ist.

Dislokation durch tangentiale Bewegung bildet lange Falten, deren Sättel eine Strecke weit hinstreichen und durch andere Falten abgelöst werden. Die Kettengebirge der Alpen, Kordilleren, des Himalaja, des Apennin, des Atlas und vieler anderen Bergländer sind durch tangentiale Bewegung, durch Seitenschub emporgehoben worden.

Dislokation durch Senkung ist nicht die Folge einer nach abwärts gerichteten senkenden Kraft, sondern muss als ein passives Einsinken von Erdschollen unter dem Einfluss der Schwerkraft gedeutet werden. Die stehenbleibenden Erdschollen nennt man Horste, die gesunkenen Gebiete, je nach ihren Dimensionen, Gräben oder Kesselbrüche. In einem normalen Senkungsfeld unterscheidet man zwei Hauptrichtungen der Sprünge. Die peripherischen Spalten umgrenzen das Senkungsfeld gegen die stehenbleibenden Horste, und wiederholen sich auch gegen die Mitte des sinkenden Gebietes. Die radialen Spalten durchschneiden die peripherischen Sprünge. Gegen die Mitte des Senkungsgebietes entstehen kleinere Keile.

Die Bildung der Vulkane ist eine Folge der Dislokation. Es entsteht durch Senkung oder auf andere Art ein Sprung; an einer Erweiterung desselben, oder dort, wo er von einem Quersprung gekreuzt wird, bietet sich die Gelegenheit zur Entlastung der mit gespannten Wasserdämpfen erfüllten Laven, und diese dringen hervor. Explosion und Zerstäubung des Lavamagmas erfolgt, ein Aschenkegel wird aufgeschüttet, flüssige Lava dringt nach, und so baut sich aus abwechselnden Schichten von Aschentuff und Lavaströmen ein Vulkan mit zentralem Krater auf.

Die Meeresbecken sind Senkungsgebiete[2]). Zwischen den auf dem ehemaligen Niveau stehenbleibenden Horsten der Kontinente brachen Schollenfelder in die Tiefe und bildeten den Boden der Ozeanbecken.

---

1) E. Suess, Das Antlitz der Erde I, S. 143.
2) Suess, l. c. II, S. 679.

Während auf einem früheren Stadium der Erdgeschichte ein gleichmässig tiefes, kontinuirliches Meer den Erdball umgab, ist die Entstehung ausgedehnter Festländer, die dauernde Trockenlegung der Kontinente das Ergebniss von örtlichen Senkungen der Erdoberfläche, welche Fall für Fall einen Theil des Weltmeeres in die neugebildete Tiefe aufgenommen und dadurch die allgemeine Höhenlage des Strandes vermindert haben.

Im Laufe der Erdgeschichte haben beständig faltende und senkende Dislokationen stattgefunden, aber der Ort solcher Bewegungen hat sich beständig verändert, so dass niemals die ganze Erdrinde zu gleicher Zeit dislozirt wurde, aber auch niemals eine Zeit existiert haben mag, wo nicht irgendwo Dislokationen erfolgten.

Wenn wir das Wort „Hebung“ nur als den Ausdruck, nicht als die Ursache einer faltenden Dislokation nehmen, so können wir sagen, dass Hebungen und Senkungen in der Erdrinde mit- und nacheinander aufgetreten sind nnd keine Stelle der Erdrinde verschont haben.

Die jetzigen Umrisse der Meeresbecken sind zu verschiedenen Zeiten entstanden. Während der Pazifik eines der ältesten Senkungsfelder auf der Erde sein dürfte, ist das östliche Mittelmeer und die Grabenversenkung des Rothen Meeres erst am Ende der Tertiärzeit entstanden; und welchem Wandel die Form und die Umrisse des Atlantik und Indik im Laufe der Zeiten unterworfen waren, lässt sich zwar nur fragmentarisch erkennen, aber mit Sicherheit erschliessen.

Wenn irgendwo auf der Erde ein neues Meeresbecken durch Senkung entsteht, oder das Areal eines Ozeans durch Absinken randlicher Schollen vergrössert wird, so erniedrigt sich das allgemeine Meeresnivean auf der ganzen Erde, zu gleicher Zeit aber erhöht sich der Abstand zwischen Meeresboden und Meeresoberfläche über der sinkenden Erdscholle.

Bildet sich dagegen durch Faltung am Meeresgrunde eine gehobene Bodenschwelle, so erhöht sich überall das Meeresniveau, während lokal eine Verkürzung des Abstandes zwischen Grund und Oberfläche eintritt. Die Folgen einer Dislokation sind also verschieden, je nachdem man die lokalen Verhältnisse oder die Zustände des Weltmeeres ins Auge fasst.

Der Boden der auf solche Weise entstandenen topographischen Mulden, wird durch die Thätigkeit des Windes, des Eises, des Wassers, der Vulkane, der Organismen nnd durch chemische Niederschläge mit S e d i m e n t e n bedeckt. Obwohl wir erst im dritten Theil die Sedimentation am Meeresboden zu behandeln haben, so müssen wir doch schon hier die allgemeinen Vorgänge des marinen Absatzes in den Kreis unserer Betrachtung ziehen:

Eine beträchtliche Menge von Staub wird alljährlich durch Winde ins Meer geführt und an den nordafrikanischen Küsten sind Staubnebel weit vom Lande eine nicht seltene Erscheinung.

Das Eis der polaren Gletscher trägt in seiner Grundmoräne Sand und Steinblöcke vom Festland nach dem Meer, und breitet sie am Meeresgrunde aus.

Die Brandung frisst an felsigen Ufern des Meeres, und das zerkleinerte Gesteinsmaterial wird weit hinaus in das Meer entführt.

Alle Flüsse verfrachten Schlamm und Sand aus dem Herzen der Festländer nach dem Meere. Der Ganges[1]) denudirt sein Stromgebiet in 1794 Jahren um einen Fuss, und die Menge aller durch Flüsse nach dem Meere transportirten Sedimente erhöbt den Boden des Ozeans in 10 000 Jahren um 8 cm.

Wenn die Denudation der jetzigen Festländer durch die Erosion des Süsswassers allein vollzogen würde, so wäre[2]) Europa in 2 Millionen Jahren bis zum Niveau des Meeres abgetragen, Nordamerika in 3 Millionen Jahren; und dementsprechend wäre der Meeresboden um einen bedeutenden Betrag erhöht worden.

Einen wichtigen Antheil nehmen die vulkanischen Aschen an der Auffüllung des Meeresbodens. Bei vielen vulkanischen Eruptionen ist die Masse der ausgestossenen Lavabestandtheile so gross, dass die ganze Masse des Vulkans „nachsackt". Der Temboro[3]) warf bei einer Eruption 300 cbkm Magma aus; die vom Krakatau ausgeworfenen Aschen bedeckten ein Gebiet von der Grösse des deutschen Reiches. Bei der Häufigkeit von Vulkanen an den Rändern und in der Mitte von Meeresbecken ist also die aufschüttende Thätigkeit derselben am Meeresgrunde sehr beträchtlich.

Nicht minder wichtig ist die Sedimentation durch Organismen. Das Wachsen der Korallenriffe, die Anhäufung von Kalkschalen, Kalkalgen nnd Kieselskeletten von Diatomeen, Radiolarien und Spongien, erhöhen überall den Boden des Weltmeeres.

Endlich giebt es chemische Vorgänge, Absatz von Oolithen, Niederschlag von Kalk in vorhandene Sedimente u. s. w., welche zur Erhöhung des Meeresgrundes beitragen. Dagegen sind Abtragungen frisch gebildeter Sedimente nur in der litoralen Zone oder in dem seichten Wasser der Flachsee von Bedeutung. Die Auflösung der in die Tiefsee hinabfallenden Kalkreste darf jedoch nicht unerwähnt bleiben.

Durch alle die vorhergenannten Vorgänge der Sedimentation wird lokal der Abstand zwischen Meeresboden und Oberfläche verkleinert, während gleichzeitig universell ein Ansteigen des Meeres bewirkt wird. Demgegenüber wird durch die Auflösung kalkiger Reste am Boden der Tiefsee keine Veränderung im Stand des Meeres hervorgerufen, da der gelöste Kalk dann noch im Wasser enthalten ist.

Als dritten Theil der Ozeane haben wir das Meerwasser zu betrachten, welches die Depressionsgebiete der Erde erfüllt. Indem wir uns mit den geologischen Veränderungen dieses Elementes beschäftigen, müssen wir zuerst die Frage untersuchen, ob im Laufe der Zeiten die Masse des Seewassers auf der Erde konstant gewesen ist. Eine Vermehrung der Wassermenge vom Weltenraum her ist ausgeschlossen. Dagegen verdient es Beachtung, dass durcb vulkanische Eruptionen aus dem Innern der Erde grosse Wassermengen in die Atmosphäre und endlich auch in das Meer gelangen. Seitdem man Vulkane so fern von der Küste beobachtet hat, dass man einen ursächlichen Zusammenbang zwischen dem Eindringen von Seewasser

1) Taylor, nach Peterm. Mitth., 1855. Referat.
2) Wallace, Island Life, S. 209.
3) Neumayr, Erdgeschichte I, S. 239.

in das Erdinnere und Vulkanbildung nicht erkennen kann, seitdem man weiss, dass nur die peripherischen Brüche am Rande der Ozeanbecken die Veranlassnng für die Bildung von Reihenvulkanen sind, gewinnt der hohe Wassergehalt der bei der Eruption ausgeworfenen Magmamassen eine andere Bedeutung. Und so lässt sich wohl die Anschauung verfechten, dass durch vulkanische Eruptionen die Masse des auf der Erdoberfläche befindlichen Wassers vermehrt wird. Allein im Verhältniss zu der Masse von 1284 Millionen Kubikkilometern des heutigen Meeresvolumen ist wohl der Zuwachs vulkanischer Wasserdämpfe sehr gering.

Der besprochenen Vermehrung steht ausserdem eine nicht unbeträchtliche Verminderung des Wasservolumen gegenüber. Die chemische Verwitterung der Gesteine besteht in einer Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser. Mit Ausnahme von den Edelmetallen, von Diamant, und Graphit, verwittern alle Mineralien, und überall werden auf der Erdoberfläche beständig wasserfreie Substanzen hydratisirt. Infolgedessen mag im Laufe der geologischen Vergangenheit eine beträchtliche Menge von flüssigem Wasser bei der Bildung wasserhaltiger Mineralien verbraucht worden sein. Allein, wie in dem Fall der Vermehrung des Wassers durch vulkanische Eruptionen, so ist auch hier eine, selbst ungefähre, Schätzung nicht möglich. Immerhin dürften sich beide Vorgänge zum Theil gegenseitig kompensiren, so dass der übrigbleibende positive oder negative Rest eine wesentlich geringere Grösse besitzt.

Da man schon im Cambrium eine lange Küstenlinie und weitverbreitete Seichtwasserablagerungen kennt, so darf man wohl mit einem gewissen Recht für die Formationen vom Cambrium bis zum Tertiär annehmen, dass das Meeresvolumen innerhalb dieser Zeit sich nicht wesentlich bis zur Gegenwart verändert hat. Wenigstens glauben wir nach den Grundsätzen der ontologischen Methode solange an dieser Voraussetznng festhalten zu dürfen, als nicht zwingende Thatsachen eine gegentheilige Annahme fordern.

Das Volumen des Meerwassers seit dem Cambrium als nahezu konstant voraussetzend, können wir jedoch seit jener Zeit sehr wesentliche Veränderungen des Weltmeeres nachweisen, welche nicht so sehr die Masse, als die Vertheilung des Wassers betreffen.

Dass das Meer keine unveränderliche Tiefe und Flächenausdehnung besitzt, und im Laufe der Vergangenheit seine Grenzen vielfach verschoben hat, geht aus den Thatsachen der Geologie unzweideutig hervor. Man führte früher solche Veränderungen der Meere auf eine Auf- und Abbewegung der Kontinente zurück, und erst durch Suess[1]) hat sich die Ueberzeugung mehr und mehr Bahn gebrochen, dass auch das Meer, unabhängig von den Dislokationen, seinen Stand und seine Lage auf der Erdoberfläche verändern kann. Der Wasserstand des Meeres wird beeinflusst durch die Gezeiten, durch die Sonnenwärme, durch den Luftdruck, durch vorherrschende Luftströmungen, durch Zufluss oder Verdunstung in umgrenzten Meeresräumen, durch örtliche Attraktion und andere Ursachen.

1) Antlitz der Erde II, S. 32.

Schon 1852 schrieb v. Bruchhausen: Der Barometerstand[1]) ist kein Maass für Höhenbestimmungen, denn der Barometer steht am Meere sehr verschieden, und die Geognosie hat nicht bloss Hebungen und Senkungen des Meeresgrundes, sondern auch wirkliche Hebungen und Senkungen des Wasserspiegels anzuerkennen. Die Meinung von der Unveränderlichkeit des Meeresspiegels ist widerlegt.

Mit Suess unterscheiden wir eine abwechselnd und periodisch aufwärts und abwärts gerichtete Bewegung des Meeresspiegels als Oszillation, während wir die, lange Zeit gleichsinnig erfolgende Bewegung des Meeres als Transgression bezeichnen. Die Ursachen der Oszillation dürfen wir in der Verschiebung der anziehenden Massen auf der Erde erblicken. Sobald ein Faltengebirge entsteht, wird die anziehende Masse des Erdkörpers anders vertheilt, und demgemäss stellt sich das Niveau des Meeres anders ein; das Meer steigt an der einen Küste, während es an einer anderen fällt. Wenn aber das Faltengebirge durch Denudation zerstört, abgetragen und als Sediment am Meeresgrunde niedergelegt wird, dann vertheilen sich wiederum die anziehenden Kräfte auf der Erdrinde anders, und abermals oszillirt das Meer an den Küsten. So wird durch Dislokation und Vulkanismus, durch Klimaschwankungen und Denudation, durch Sedimentation und Meeresströmungen beständig der Stand des Meeres verändert und in „eustatischen“ Bewegungen auf- und abgeschoben. Eine aufsteigende Oszillation oder eine positive Strandverschiebung verlängert den Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche, während eine negative Strandverschiebung der Küste, sich im Schoosse des Meeres als eine Verkürzung der Ozeantiefe ausprägt.

Die Transgressionen sind in ihrer Bewegung gleichsinniger und viel ausgiebiger als die Oszillationen. Noch kennt man nicht die die Ursachen derselben. Allein die Aufeinanderfolge der geologischen Formationen bietet eine beträchtliche Anzahl von Belegen dafür, dass zu gewissen Zeiten das Meer seine Grenzen verliess, transgredirend über Festländer hinwegschritt, und nach einiger Zeit ebenso weite Flächen wieder trocken legte. Die geographischen Folgen der Transgressionen sind ganz dieselben wie diejenigen der Oszillationen. In beiden Fällen wird bei positiver Strandverschiebung die Meerestiefe vergrössert, bei negativer Strandverschiebung das Meer verflacht.

Fassen wir alle die bisher besprochenen geologischen Veränderungen der Meere zusammen, so ergiebt es sich, dass sie trotz der verschiedenartigen Ursachen doch sehr übereinstimmende Wirkungen haben. Eine Senkung des Meeresbodens, eine positive Oszillation und eine vorschreitende Transgression verlängern den Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche. Dagegen wird die Höhe der Wassersäule verkürzt: durch Hebung des Meeresbodens, durch Sedimentation, durch negative Oszillation und durch den Rückzug eines transgredirenden Meeres. Wir werden daher den ersten Vorgang als positiven Meereswandel, die Wirkung der zuletzt genannten Ursachen aber als negativen Meereswandel bezeichnen.

In einem Brief an Asa Gray schreibt Darwin[2]): Ich glaube

1) Neues Jahrb. f. Min. 1852, S. 444.
2) Leben und Briefe Darwins II, S. 119.

es lässt sich zeigen, dass eine Veränderung in den Existenzbedingungen die hauptsächlichste Ursache davon ist, dass das Kind nicht genau seinen Eltern gleicht, und in der Natur zeigt uns die Geologie, was für Veränderungen stattgefunden haben und stattfinden.

Wir wollen daher nun verfolgen, in welcher Weise die genannten geologischen Veränderungen in einer Veränderung der marinen Lebensbezirke zum Ausdruck kommen.

Ein positiver Meereswandel äussert sich auf hoher See in der Verlängerung des Abstandes zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche. Das Wasser wird tiefer. An der Küste dagegen macht sich eine positive Strandverschiebung geltend, wenn es sich um eine Oszillation oder Transgression handelt. Gleichzeitig mit der positiven Verschiebung der Strandlinie erfolgt eine Flächenvergrösserung des Meeres. Das Meer steigt und verbreitert sich auf Kosten festländischer Areale.

Das Litoralgebiet und die Aestuarien werden von einem positiven Meereswandel zunächst und am gründlichsten betroffen. Die bionomischen Grenzen des Litorals gegen die Flachsee und nach dem Festland zu, verschieben sich landeinwärts um so tiefer, je flacher das Küstenland ist. Die Küstenflora wird zurückgedrängt und durch litorale Formen ersetzt, die litorale Thierwelt wandert in das Land hinein.

Auch die Assimilationsgrenze wird gegen das Land hin verschoben und damit das Gebiet der Flachsee verlagert. In den oberen Lebenszonen der Flachsee, welche in geringen Distanzen übereinanderliegen, machen sich solche Veränderungen mehr geltend, als in den tieferen Zonen. Der Wechsel der Facies ist beträchtlich in der Flachsee; die vorher durch die Brandung beständig bewegten Seichtwassergründe gelangen in ruhigere Tiefen, und daher wird ihr Sediment nicht mehr geschlämmt. Statt des groben Sandes lagert sich daselbst feinerer Schlamm ab, und die sandbewohnende Fauna tritt ihre Wohnsitze an Schlammthiere ab. Der vorher wechselnde Salzgehalt im Mündungsgebiet grosser Flüsse wird durch die konstante Salinität des Seewassers ersetzt, dafür dringt Salzwasser und Brackwasser stromaufwärts vor. Eurytherme Thiere werden durch stenotherme Formen abgelöst, und indem sich die Vertheilung des Lichtes ändert, wechselt auch die herbivore Fauna ihren Platz.

Riffkorallen, welche bis zu ihrer oberen Vegetationsgrenze emporgewachsen waren, können bei positiver Strandverschiebung weiter emporwachsen.

Auf ozeanischen Inseln werden grosse Areale, die vorher dem Festlande zugehörten, vom Meere bedeckt, und die luftathmenden Ansiedler werden vernichtet, oder müssen sich nach den höheren Gebieten zurückziehen.

Das offene Meer wird in geringerem Maasse durch einen positiven Meereswandel verändert. Wir sahen, dass die Assimilationsgrenze hier nicht mit der unteren Grenze der Algenvertheilung zusammenfällt, dass die Planktonflora, auf Kosten ihrer Reservestoffe, selbst in der aphotischen Region noch leben kann. Infolgedessen wird eine Verschiebung der Assimilationsgrenze nach oben, keine grosse Veränderung des Plankton verursachen. Die Planktonfauna wird vielleicht in dem Ausmaass ihrer vertikalen Wanderungen etwas eingeschränkt, aber sonst nicht betroffen.

Gänzlich unberührt bleibt die Tiefsee von einem Ansteigen des Meeresspiegels. Ein Meeresboden, der 500 m tief liegt, kann nach unten beliebig weit verlagert werden, ohne dass seine Organismenwelt davon etwas merkt. Es werden vielleicht Planktonthiere und Nektonfische nicht mehr den Boden besuchen, es wird wahrscheinlich die Ernährung des Gebietes erschwert, aber nach wie vor sinken die absterbenden Planktonwesen zum Boden hinab, nach wie vor werden ihre Reste am Boden aufgehäuft, und geologisch oder paläontologisch ist ein Unterschied kaum nachzuweisen.

Ein negativer Meereswandel äussert sich im Schoosse des Meeres als eine Verkürzung des Abstandes zwischen Oberfläche und Boden. Am Ufer erfolgt eine negative Strandverschiebung bei jeder Oszillation oder Transgression. Das Meer wird flacher und das Festland wächst.

Während ein positiver Meereswandel die geographische Vertheilung des Halobios verändert, zu gleicher Zeit aber ihm neue Lebensbezirke schenkt, Wanderungen und Variationen veranlasst, wirkt ein negativer Meereswandel auf das Benthos vernichtend. Wurde vorher das diaphane Gebiet vergrössert und damit die Nahrungsquellen des Halobios vermehrt, so findet jetzt das Gegentheil statt. Das Litoral kann zur Flachsee werden, ohne dass seine Organismenwelt aussterben muss; es werden vielleicht manche stenophotische Wesen gezwungen auszuwandern, allein die Möglichkeit einer Anpassung ist offen. Wenn aber die Flachsee zum Festland wird, dann müssen alle Formen aussterben, welche nicht im Stande sind, vom Wasserleben in das Landleben überzugehen. Und so bedeutet ein negativer Meereswandel direkt eine Schädigung des Halobios.

Während die Mangrove und andere litorale Floren gegen das Meer vordringen, zieht sich die Meeresflora in die Tiefe, und alle benthonischen Formen müssen sterben. Auch die Fauna des sessilen Benthos leidet sehr unter dem Wechsel der bionomischen Bedingungen, und nur vagiles Benthos kann sich neue Wohnplätze suchen. Wären nicht die Planktonlarven meroplanktonischer Formen vorhanden, so würde das Aussterben viel intensiver sein müssen.

Zwar werden Untiefen zu Inseln, aber lange dauert es, bis verschlagene Irrgäste des Geobios nach dem kahlen Inselboden gelangen. Korallenriffe sterben ab, sie wachsen nur noch seitlich weiter, und mit ihnen gehen viele Formen zu Grunde, welche auf Korallenriffen lebten.

Der Zuwachs, den Aestuarien durch eine negative Strandverschiebung erhalten, wird durch die Strömung des Flusses rasch ausgetilgt, und überall macht sich ein schädigender Einfluss geltend.

Vom Strand bis 200 m Tiefe konnten wir leicht verschiedene Zonen oder wenigstens Regionen des organischen Lebens unterscheiden; und nach dem Ufer zu sind die Unterschiede von 10 zu 10 m so bedeutend, dass eine Strandverschiebung von 50 m, welche auf offener See vollständig unbemerkt bleibt, sofort die ganze Vertheilung der Thiere und Pflanzen umgestaltet. Die diaphane Region verschiebt sich nach der Tiefe zu, und daher migrirt die benthonische Flora in tiefere Regionen. Mit ihr muss die Gesellschaft aller Pflanzenfresser ihren Wohnort wechseln und neue Wohnsitze besiedeln. Eine neue Ver-

theilung der Facies des Meeresgrundes verursacht neue Wanderungen, neue Anpassungen, neue Varietätenbildung — Alles das spielt sich aber nicht übereinander, sondern nebeneinander ab.

Das Plankton des offenen Meeres wird durch eine negative Strandverschiebung nur da verändert, wo durch dieselbe eine Untiefe zum Inselarchipel wird; und alle jene Veränderungen der organischen Welt, welche mit der Inselbildung verknüpft sind, und im vorigen Abschnitt geschildert wurden, treten in Kraft.

Wenn die zentralen Theile eines Ozeans ganz gleichmässig zur Tiefsee abfallen, so muss auf offener See eine sehr bedeutende Verkürzung der Wassersäule eintreten, ehe irgendwelche bionomische Veränderung erfolgt. Das Wasser des offenen Meeres zerfällt nur in zwei Regionen, das diaphane Gebiet bis 400 m, und die darunter liegende aphotische Region. Benthonisches Pflanzenleben ist sogar nur in Tiefen von 200 m reichlich entwickelt. So lange also die Verkürzung der Wassersäule nicht so andauernd ist, dass die Tiefsee bis 200 m heraufrückt, so lange wird die eigentliche Tiefsee von jenen geologischen Veränderungen nicht beeinflusst. Nach wie vor bleibt sie ein abgeschlossenes Gebiet der Ruhe und der Stetigkeit.

Sobald die physikalischen Bedingungen[1]) sich verändern, wird das bionomische Gleichgewicht der Fauna und Flora gestört. Unpassende Thiere vermindern sich und sterben aus, passende verbreiten sich über neue Wohnflächen. Indirekt werden dadurch andere Thiere und Pflanzen beeinflusst, welche durch Nahrung, Schutzmittel, Mimicry, Symbiose und andere Umstände mit jenen verbunden sind; und diese Veränderung im Bestand der Organismenwelt vollzieht sich so lange, bis wieder ein bionomischer Gleichgewichtszustand erreicht ist.

Und so müssen wir, da die äusseren Umstände überall und jeder Zeit sich wandeln, die Organismenwelt einer bestimmten Region, jede Flora und jede Fauna mit Wallich als aus zwei Theilen zusammengesezt ansehen. Der ältere Theil der Formen gehört zu den Bewohnern der betreffenden Lokalität unter früheren, anderen bionomischen Verhältnissen. Dieser Theil ist ein Relikt, ein Rest einstiger Blüthe. Der jüngere Theil des Organismenkreises besteht aus frischen Einwanderern, welche, aus anderen Lokalitäten kommend, von neuen Wohnplätzen Besitz ergriffen haben.

Unter 64—180 m[2]) verliert die Fauna der tropischen Westküste Afrikas ihren gemischten Charakter und wird durch Arten repräsentirt, welche dem Nordatlantik und dem Mittelmeer angehören. Einzelne Arten, welche in der Pliozänzeit noch in den nördlichen Gebieten lebten, haben sich hier noch erhalten. Dies deutet auf ein langes Bestehen einer ostatlantischen Küstenlinie bis gegen den Aequator. Hätte eine Verbindung der Tropenküsten von Afrika nach Amerika existirt, so müssten, bei langsamer Senkung dieser Brücke, gerade an den tieferen Stellen sich die korrespondirenden Arten erhalten haben.

So lässt die Zusammensetzung einer lokalen Fauna interessante Schlüsse zn, auf die Geschichte eines Meeresbeckens. Auch die Flora bietet werthvolle Aufschlüsse. Nach Ascherson[3]) machen es die

1) Wallace, Island Life. S. 219.
2) Studer, Zool. Anzeiger 1882, S. 356.
3) Petermann's Mitth. Bd. 17, S. 241.

grösstentheils getrennten Gattungen der Seegräser wahrscheinlich, dass diese bereits zu einer Zeit existirten, wo eine andere Vertheilung von Wasser nnd Land Verbreitungswege offen liess, welche gegenwärtig geschlossen sind. Dagegen deuten die zusammenhängenden Gebiete der meisten Arten darauf hin, dass diese erst von einer Zeit datiren, in welcher die Begrenzung der Meeresbecken und die klimatischen Bedingungen dieselben waren. Das Mittelmeer und das Rothe Meer haben keine einzige Art miteinander gemein:

Mittelmeer:		Rothes Meer:	
	Cymodocea nodosa		*Cymodocea rotundata*
	Zostera marina		— *serrulata*
	— *nana*		— *isoetifolia*
	Posidonia ozeanica		*Enhalus acoroides*
			Thalassia Hemprichii
			Halodule australis
			Halophila stipulata
			— *ovalis.*

Wenn wir aber bedenken, dass die Veränderungen der bionomischen Verhältnisse nicht immer so rasch vor sich gehen, dass entsprechende Veränderungen der Flora und Fauna sofort erfolgen, sondern dass diese letzteren immer etwas verzögert eintreten, so wird uns der Gedanke nahe gelegt, dass selbst durch eine Reihe von Formationen hindurch, Nachwirknngen einstiger Zustände sich geltend machen.

Für Nordamerika konnte J. Dana[1]) zeigen, dass gewisse Züge der Erdoberfläche schon in archäischer Zeit angelegt wurden, und dass infolgedessen: archäische Existenzbedingungen ihren Einfluss auf die ganze folgende Erdgeschichte ausüben mussten.

Und so gewinnt die Erdgeschichte für uns eine neue höhere Bedeutung. Wir sehen in ihr nicht mehr eine Reihe isolirter Faunen und Floren; die aufeinanderfolgenden Gesteinsschichten sind uns nicht scharf getrennte Etagen, sondern wir verknüpfen das Alluvium mit dem Cambrium durch unzählige Fäden, und suchen den vielverschlnngenen Verlauf derselben durch die Reihe der übereinanderliegenden, verschiedenen Erdperioden zu verfolgen.

1) Americ. Journal 1890, I, S. 382.

19. Die Wanderungen der Thiere.

In dem vorigen Abschnitt haben wir eine Reihe von Vorgängen besprochen, welche das Verhältniss zwischen einer Gruppe von Existenzbedingungen und einer Fauna dadurch verändern, dass die Thierwelt ihre Wohnsitze beizubehalten sucht, während sich die bionomischen Umstände verschieben und verwandeln. Jetzt wollen wir den umgekehrten Fall ins Auge fassen, wenn die lokalen Lebensbedingungen konstant bleiben, dagegen die Fauna ihre Wohnstätte verändert.

Die Wanderungen der Landthiere, welche ziemlich genau erforscht sind, müssen manche Lücken ergänzen, die unsere Kenntniss von der Wanderung der Meeresthiere noch bietet.

Als Heimath[1]) eines Thieres müssen wir diejenige Stätte bezeichnen, wo es sein Leben empfängt, und wo es Leben verbreitet. Nicht immer, aber häufig fällt die Heimath eines Thieres mit demjenigen Ort zusammen, wo die betreffende Art entstanden ist.

Von dieser Heimathstätte aus unternehmen sehr viele Thiere aus allen Klassen mehr oder minder ausgedehnte Wanderungen, welche wir in periodische und migratorische eintheilen wollen.

Die periodischen Wanderungen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie nach einer bestimmten Zeit zu dem Ausgangspunkt zurückkehren, und dass sie sich in gewissen Zeitabschnitten wiederholen. Die Ursachen derselben sind entweder der Wechsel der Jahreszeiten oder der zeitweise auftretende Fortpflanzungstrieb, oder der Wechsel des Lichtes.

Mit Beginn der kälteren Jahreszeit ziehen die Vögel der nördlichen Breiten nach dem wärmeren Süden. Es ist wesentlich [2]) der Mangel an Insekten, welcher die Vögel unserer Breiten veranlasst nach Süden zu ziehen.

Nicht minder wichtig ist der Fortpflanzungstrieb für gewisse periodische Wanderungen der Thiere. Viele Vögel sammeln sich zur Zeit der Paarung, um gemeinsam zu brüten. In zahllosen Schaaren bedecken Seevögel die einsamen Inseln, um ihre Eier abzulegen. Meeresschildkröten kommen zur Zeit der Fortpflanzung in Menge

1) v. Homeyer, Die Wanderungen der Vögel 1881, S. 149.
2) Malm, Archiv für Naturgeschichte 1878, S. 159.

nach dem sandigen Strande der brasilianischen Küste oder nach einsamen Inseln, um dort ihre Eier im Sande zu vergraben. Viele Fische, welche im Mündungsgebiet der Flüsse leben, steigen in deren Oberlauf, um dort zu laichen, während andere Flussfische ins Meer hinabwandern, wenn sie ihre Eier ablegen wollen. Zu Millionen finden sich manche Meeresfische in dichten Zügen zusammen, um geschützte Buchten als Laichplätze aufzusuchen. Zur Zeit der Geschlechtsreife sammeln sich Seeigel bei Triest in grossen Schaaren an Stellen, wo sie vorher ganz vereinzelt gefunden wurden. Solche Wanderungen dürften bei vielen andern Thieren ebenfalls vorhanden sein.

Der Wechsel des Lichtes veranlasst die periodischen, vertikalen Wanderungen des Plankton. Wie wir früher auseinandergesetzt haben, ist es besonders der Heliotropismus, welcher die Planktonorganismen bald in höhere, bald in tiefere Wasserschichten führt. Bei Tage und selbst in mondhellen Nächten ist die Oberfläche des Meeres überaus thierarm, dagegen steigen mit Eintritt der Dunkelheit alle die zarten Formen empor, um das Meerleuchten zu erzeugen.

Den genannten und manchen ähnlichen Ortsveränderungen von periodischem Charakter stehen die migratorischen Wanderungen gegenüber. Dieselben lassen keine Periodizität erkennen, ebensowenig kehren die migrirenden Thiere nach einem gewissen Zeitraum in ihre Heimath zurück, sondern es handelte sich um dauernde Besiedelungen neuer Wohnplätze, um eine Veränderung der Heimath.

Die migratorischen Wanderungen sind von verschiedenem Charakter, je nachdem die Wanderer Bewegungsorgane besitzen oder nicht. Plankton, Samen, Keime, Dauersporen können nur, dem Laufe der Wind- oder Wasserbewegungen folgend, wandern, während vagiles Benthos oder Nekton und alle Landthiere selbstständige Wanderungen unternehmen können. Infolgedessen müssen wir passive und aktive Migrationen unterscheiden.

Die passiven migratorischen Wanderungen oder passiven Migrationen umfassen wohl die grosse Mehrzahl der Ortsveränderungen von Meeresthieren, denn die meisten derselben besitzen ein meroplanktonisches Jugendstadium, sofern sie nicht holoplanktonisch sind, und selbst die grössten nektonischen Thiere, wie Fische und Wale, sind in ihrem Leben so abhängig von planktonischer Nahrung, dass sie bei ihren Wanderungen immer durch die Verbreitung des Plankton beeinflusst werden dürften. Selbst die Besiedelung ozeanischer Inseln durch Landthiere und Landpflanzen, vollzieht sich gewöhnlich durch passive Migration. Nur in wenigen Fällen hat man bisher einzelne Migrationen vom Verlassen der alten Heimath bis zur Besiedelung neuer Wohnplätze durch spezielle Untersuchungen verfolgen können. Die Mehrzahl der Beobachtungen bezieht sich auf passiv treibende Organismen, welche man auf ihrer Reise angetroffen hat. In dem Abschnitt über Strömungen sind solche Beispiele mitgetheilt.

Die aktiven Migrationen sind von den passiven in der Praxis, aus den obenangeführten Gründen, schwer zu trennen, und dürften wohl nur auf dem Festland eine grössere Bedeutung besitzen.

Das einzige genauer untersuchte Beispiel von Migrationen einer marinen Fauna bietet der Sueskanal, der in dieser Hinsicht von

C. Keller zum Gegenstand einer besonderen Monographie[1]) gemacht worden ist.

Am Isthmus von Sues kamen vor der Durchstechung zwei durchaus verschiedene Faunen unvermittelt auf 150 km nebeneinander. Im Norden der Landenge findet man die mediterrane Fauna, so wie sie am Strande von Marseille, Venedig oder Triest lebt; im Süden bei Sues dagegen die Fauna der indopazifischen Provinz mit völlig tropischem Charakter. Mit dem 1869 erfolgten Durchstich wurde eine Brücke für die getrennten Faunen hergestellt, und ein Austausch der Arten konnte erfolgen.

Der Schiffahrtskanal ist nicht kontinuirlich, sondern wird durch mehrere Isthmus-Seen geführt; ein Umstand, der die Einwanderung der Thierwelt nicht unwesentlich modifizirt. Im Norden ist der seichte Menzalehsee, der sich erst in historischer Zeit gebildet hat, dann folgt der Ballahsee, bei Ismailja der Timsahsee, der vordem nur aus mehreren seichten Lagunen bestand, jetzt aber etwa eine Stunde lang ist, und südlich vom Serapeum, das früher fast trocken liegende, jetzt 35 km lange Becken der Bitterseen, welches 1869 von beiden Meeren aus gleichzeitig besiedelt worden ist.

Wenn im Laufe von 12 Jahren nur eine geringe Zahl von Arten die ganze Länge des Kanals durchwandert haben, so liegt die Ursache an mehreren Faktoren.

Zuerst ist die Facies des Kanals ein sandig-mergeliger Boden, welcher für viele Arten ungünstige Bedingungen darbietet. Ausserdem wirken die eingeschalteten Seen durch ihre Grösse verzögernd auf das Weiterwandern. Dann ist der Schiffverkehr für manche Arten, welche ruhiges Wasser lieben, zu störend; die von Norden und Süden einlaufenden Strömungen, welche den durch die Verdunstung im Kanal erzeugten Wasserverlust ersetzen sollen, begünstigen zwar das Wandern der Fauna bis zur Mitte, von da ab aber sind sie ein Hemmniss weiteren Vordringens. Endlich ist der Salzgehalt in der Tiefe des Kanals so bedeutend, dass dadurch stenohaline Formen abgehalten werden. Im Timsahsee ist es geradezu auffallend, wie die Milliarden von Weichthieren nur in der äusseren Uferzone leben.

Während über das Wandern der Medusen durch den Kanal noch Zweifel herrschen, sind wahrscheinlich zwei Schwämme: *Lessepsia violacea* und *Amorphina isthmica* vom Mittelmeer bis zu den Bitterseen gewandert.

Von Würmern sind *Enoplus, Nereis* und *Sabella* aus dem Mittelmeer bis zum Timsahsee vorgedrungen.

Die Echinodermen scheinen keine Neigung zu besitzen, in den Kanal einzuwandern.

Von Krebsen ist *Balanus miser* aus dem Mittelmeer bis zu den Bitterseen, *Sphaeroma serrata, Gammarus* und eine Krabbe bis zum Timsahsee gelangt.

Weitaus das stärkste Kontingent der wandernden Arten liefern die Mollusken. Eine an Individuen und Arten ziemlich reiche Kara-

1) C. Keller, Die Fauna im Suezkanal. Denkschr. der schweizer. Ges. für Naturw. 1882.

vane zieht vom Rothen Meer nach Norden, eine kleinere Karavane in umgekehrter Richtung.

Vom Mittelmeer aus sind:

Cardium edule bis zum Bittersee
Solen vagina „ „ Timsahsee
Pholas candida „ „ el Guisr, nahe am Timsahsee
Ostrea bicolor „ „ Timsahsee
Cerithium conicum „ „ Rothen Meer bei Sues gewandert.

Vom Rothen Meere aus sind:

Ostrea Forskalii bis zu den Bitterseen
Meleagrina margaritifera „ „ 50 km weit
Mytilus variabilis „ Portsaid
Mactra olorina „ „
Circe pectinata „ zum südlichen Bittersee
Anatina subrostrata „ über den Timsahsee
Chama Corbieri (?) „ zu den Bitterseen
Arca sp. „ „ „ „
Tellina sp. „ „ „ „
Psammobia sp. „ „ „ „
Cerithium scabridum „ el Kantara
Murex crassispina „ zu den Bitterseen
Fusus marmoratus „ „ „ „
Strombus tricornis „ „ „ „
Fissurella Ruppellii (?) im südlichen Kanal
Trochus Pharaonis bis zu den Bitterseen vorgedrungen.

Von Fischen sind:

Solea vulgaris
Umbrina cirrhosa
Labrax lupus

aus dem Mittelmeer bis nach Sues gelangt, während

Clupea quadrimaculata *Caranx macrophthalmus*
Caranx sansun *Mugil oeur*
Platycephalus insidiator *Crenidens Forskalii*
Cheilinus quinquecinctus *Pristipoma stridens*
und *Ostracion culicus*

mehr oder weniger weit in den Kanal vom erythräischen Gebiet eingedrungen sind.

Aus allen diesen Thatsachen geht hervor, dass nur litorale Formen in Migration begriffen sind.

Diejenigen Mollusken des Mittelmeeres, welche schon in einer früheren Erdepoche in das Rothe Meer einwanderten und dort eine Umbildung erfuhren, zeigen keine Neigung zur Rückwanderung, sondern die Migration erfolgt nur von dem ursprünglichen Verbreitungsherd aus. *Cardium edule*, welches sich im Golf von Sues zu *C. isthmicum* umgebildet hat, wandert nicht wieder zurück.

Im Allgemeinen haben grössere Raubthiere des Litorals wie Krebse, Selachier, Cephalopoden noch nicht zu wandern begonnen. Diese Thatsache belegt die schon oben angedeutete Ansicht, dass die Bewegungsorgane des Nekton keineswegs eine höhere Wanderfähigkeit bedingen.

Todd fand eine grosse *Unio* festgeklammert am Unterkiefer einer Schildkröte.

Mytilus crenatus[1]) wurde durch das Schiff Wellesley 1824 von Bombay nach Portsmuth eingeschleppt, und hat sich hier eingebürgert.

Ein interessantes Beispiel von Migriren einer ganzen Fauna wird von der Normandie beriehtet[2]). An der Küste von Colleville bemerkten die Fischer in den Jahren 1823—24 so viele Individuen von *Cardium edule* und *Donax anatinum*, dass man den Fuss nicht setzen konnte, ohne auf sie zu treten. Im März 1825 sah man ebenda innerhalb 3 Miles vom Strande fast gar keine mehr.

Wahrscheinlich vollziehen sich eine Menge derartiger Wanderungen beständig am Meeresgrunde, ohne dass wir davon Kenntniss erhalten. Wenigstens spricht die Vertheilung der Fossilien in den meisten aufeinander lagernden Erdschichten dafür, dass die Faunen der ausgestorbenen Meere in einer ununterbrochenen Wanderung begriffen waren.

Im Laufe unserer früheren Betrachtungen haben wir uns bemüht zu zeigen, dass die Lebensgenossenschaften des Meeres durch bestimmte äussere und innere Existenzbedingungen charakterisirt werden. Auch die einzelnen Floren and Faunen sind abhängig von bestimmten bionomischen Verhältnissen; und in dem folgenden Theil wird man eine grosse Reihe von Thatsachen finden, welche lehren, dass auch die einzelnen Gattungen und Arten gewisse äussere Umstände vorziehen und zu ihrem Gedeihen bedürfen.

Wir verstehen unter Medium die Summe der Existenzbedingungen einer Art, Gattung, Familie, einer Fauna oder Flora, oder eines Lebensbezirkes.

Zwischen den Organismen und dem ihnen zusagenden, für sie nothwendigen Medium bestehen gewisse räumliche Beziehungen, welche darin zum Ausdruck kommen, dass eine bestimmte organische Genossenschaft und ein bestimmtes Medium örtlich zusammen gefunden werden.

Allein dieses räumliche Verhältniss kann in zweifacher Weise einem Wechsel unterworfen werden.

Ein passiver Wechsel des Mediums findet statt, wenn eine bestimmte Fauna oder Flora ihren Wohnsitz beibehält, während sich die äusseren Umstände verändern. Die Folge davon ist, dass die Fauna sich durch Auslese den neuen Verhältnissen anpasst, oder ausstirbt.

Als die Ostsee durch einströmende Flüsse ausgesüsst wurde, mussten die Austern, welche früher darin gediehen, zu Grunde gehen und finden sich nur noch fossil. Indem die Eisgrenze der Diluvialzeit nach Norden zurückwich und die Schottischen Meere von wärmeren Fluthen erreicht wurden, starben eine Anzahl Mollusken aus, die vorher dort gelebt hatten. *Pecten islandicus* findet man beim Dredgen im Firth of Clyde häufig unter den Resten lebender Arten, obwohl er dort heutzutage nicht mehr lebendig gefunden wird.

Die geologisch so oft beobachtete Ueberlagerung verschiedener Sedimentschichten mit verschiedenen Faunen ist nur der Ausdruck dafür, dass mit dem Wechsel der Facies auch die Fauna lokal aussterben

1) Wilcox, Brit. Ass. Rep. 1833, S. 448.
2) James, Edinb. philos. Journal 1830, IX, S. 384.

musste, um einer neuen Facies mit einer anderen Fauna Platz zu machen.

Der aktive Wechsel des Mediums, welcher dieselben Folgen wie der passive Wechsel hat, äussert sich in der Migration der Organismen. Auch in diesem Falle verändert sich das räumliche Verhältniss zwischen Organismen und Medium, nur dass hier das Medium seinen Ort beibehält, während die Fauna oder Flora wandert.

Auf einer Bank in der Irischen See, welche Forbes[1]) mehrere Jahre hindurch faunistisch studirte, siedelte sich während dieser Zeit *Fissurella graeca* in zahlreichen erwachsenen Individuen an. Da kein einziges Junges beobachtet wurde, so muss eine aktive Wanderung der Thiere stattgefunden haben, und da die Umgebung jener Muschelbank eine andere Wassertiefe und andere Facies besass, so wechselte die *Fissurella* ihr Medium. Während in diesem Fall keine Formveränderung der Art eingetreten ist, scheint in vielen anderen Fällen der Wechsel des Mediums eine Variation, und Auslese neuer Arten zu veranlassen.

Die grössere Veränderlichkeit[2]) der Arten mit weiten Verbreitungsgebieten als der mit beschränkter Verbreitung leitete Darwin zu der Folgerung, dass die Variabilität in direkter Beziehung zu den Lebensbedingungen stehe, welchen jede Art mehrere Generationen hindurch ausgesetzt gewesen ist. Veränderungen des Mediums wirken auf zweierlei Weise: direkt wirken sie auf den ganzen Organismus oder auf einzelne Theile umgestaltend, indirekt wirken sie auf die Fortpflanzung ein.

Später hat M. Wagner[3]) die räumliche Absonderung durch Migration zum Ausgangspunkt einer besonderen Theorie gemacht, welche bei der Erklärung der Artbildung das Hauptgewicht auf die durch Wanderungen erzeugte Isolirung legt. Es lässt sich nicht verkennen, dass die Isolirung eine bedeutungsvolle Rolle spielt, allein die natürliche Auslese dürfte immer das wesentlichste Moment bei der Entstehung neuer Arten sein.

---

1) Ann. Mag. Nat. Hist. 1840, S. 217.
2) Darwin, Entstehung der Arten. Stuttgart 1876, S. 157.
3) Wagner, Die Darwin'sche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen 1868.

20. Die Korrelation der Lebensbezirke.

Es ist das Fundamentalproblem der Erdgeschichte, aus den lückenhaften Berichten früherer Perioden ein annähernd richtiges und vollständiges Bild der damaligen anorganischen und organischen Zustände zu zeichnen; und die letzte Aufgabe vorliegenden Werkes soll es sein, den forschenden Geologen die Lückenhaftigkeit der Ueberlieferung überwinden zu helfen. Derselbe Weg, den die Paläontologie mit so grossem Erfolg betreten hat, steht auch der Geologie offen. Der Paläontologe findet von den mannigfaltig zusammenhängenden Organen eines Wirbelthieres nur das Knochenskelett. Die Knochen liegen meist fragmentarisch und in einer anderen Ordnung im Gestein, als ihre Lage im Thiere war. Nur durch eine sorgfältige Prüfung recenter verwandter Gattungen kann der Paläontolog das Skelett vorweltlicher Thiere aufzustellen, ja sogar zu ergänzen wagen. Der Abguss der Schädelhöhle giebt ihm Rechenschaft von der Form und Grösse des Gehirnes, die Zähne geben ihm Merkmale zur Beurtheilung der Eingeweide, und die Vorsprünge und Vertiefungen der Knochen setzen ihn in den Stand, auch die Entwicklung des Muskelsystems zu beurtheilen, obwohl von Nerven, Eingeweiden und Muskeln kein Ueberrest vorhanden ist. Indem der Paläontolog die Korrelation der Organe im lebenden Thiere untersucht, kann er die Bruchstücke eines ausgestorbenen Organismus zusammensetzen, und die Lücken paläontologischer Ueberlieferung ergänzen. Nur dadurch wird es ihm möglich, die vorweltlichen Reste in das System der Thiere richtig einzuordnen.

Auch der Geologe sieht vor sich die lückenvoll überlieferten Reste einstiger Meere und Festländer, Inseln und Gebirge, Vulkane und Korallenriffe. Auch er möchte sich ein Urtheil bilden über die Zusammenhänge der so lückenhaft überlieferten Erscheinungen. Das kann er nur thun, indem er scharf beobachtet und richtig ergänzt.

Aber es kommt nicht nur darauf an, dass man beobachtet, sondern was man beobachtet. Wenn wir schon bei der descriptiven Arbeit im Stande sind, Wesentliches von Unwesentlichem, Nothwendiges von Zufälligem zu unterscheiden, so wird dadurch die genetische Diskussion der Thatsachen sehr gefördert.

Noch schwieriger aber ist es, richtig zu ergänzen. Hier kann nur die sorgfältigste Kenntniss der Korrelation der gegenwärtigen

Erscheinungen unser Lehrmeister sein. Ein Paläontolog, welcher aus den zufällig zusammenliegenden Extremitäten zweier Reptilien ein sechsbeiniges Wirbelthier ergänzen wollte, würde gerechten Bedenken begegnen; und doch werden auf historisch-geologischem Gebiet viele ähnliche Verstösse gegen die naturwissenschaftliche Wahrheit gemacht, die nur deshalb ungerügt bleiben, weil die recenten Erscheinungen bei erdgeschichtlichen Untersuchungen viel zu wenig Berücksichtigung finden und viel zu wenig bekannt sind.

Wir haben im Laufe unserer bisherigen Betrachtungen an der Hand zahlreicher Beispiele die marinen Existenzbedingungen und Lebensbezirke besprochen und uns bemüht, immer auf die ökonomischen Zusammenhänge der Erscheinungen hinzuweisen. Der Geologe, welcher Erdgeschichte treiben will, muss nicht nur im Stande sein, aus einer Spongiennadel einen Schluss zu ziehen auf die systematische und biologische Stellung der betreffenden Gattung, sondern er muss mit ebensolcher Sicherheit aus den Ablagerungen eines Meerestheiles einen Schluss ziehen können auf die Lebensbezirke, welche nothwendig mit den Existenzbedingungen jener kleinen Lokalität zusammenhängen. Und wenn er die Faunen eines bestimmten Zeitabschnittes ausnahmslos für Tiefseebildungen erklären wollte, dann irrt er ebenso sehr, als wenn ein Paläontolog behaupten würde, dass ein fossiles Wirbelthier keinen Schädel gehabt habe und kopflos herumgewandert sei — nur weil man den Schädel zufällig noch nicht gefunden hat.

Die Korrelation der Lebensbezirke ist daher ein ebenso wichtiges Gesetz für den Geologen, als die Korrelation der Organe dem Paläontologen unentbehrlich ist.

Im Raum der Gegenwart liegen die Lebensbezirke nebeneinander, in der Zeit der geologischen Vergangenheit folgen sie übereinander. Infolgedessen müssen wir ihre Korrelation nach diesen beiden Gesichtspunkten besprechen.

Die Korrelation der Lebensbezirke im Raume knüpft in erster Linie an einen physiologischen Vorgang an. Die Assimilation gefärbter Pflanzentheile im Licht ist, wenn nicht die einzige, so doch die wichtigste Nahrungsquelle im Meer. Infolgedessen ist die diaphane Region dasjenige Gebiet, welches alle anderen mit Existenzmitteln versorgt und die Existenz der übrigen Gebiete möglich macht. Ein Meer kann nicht nur aus Tiefsee bestehen, und die Organismenwelt eines solchen kann sich nicht nur aus Thieren zusammensetzen.

Das einfachste Meer, welches denkbar ist, besteht aus Litoral und Flachsee. Und wenn wir in den versteinerten Ueberresten eines solchen Meeres keine Spur einer Pflanze finden, so verlangt doch die Korrelation der bionomischen Verhältnisse, dass in diesem Meer Pflanzenwuchs existirt hat.

Andererseits ist der Fund pflanzenreicher Ablagerungen in der Regel, besonders wenn es sich um Meerespflanzen handelt, ein Beweis für die Nähe der diaphanen Region. Die Reste von Landpflanzen finden sich dagegen auch in der aphotischen Region, wie die Beobachtungen im östlichen Pazifik lehren.

Jedes Meer und jeder Meerestheil, welcher nur unvollkommen mit dem offenen Meere verbunden ist, zeigt Aenderungen in seinem Salzgehalt und damit Aenderungen seiner Organismen. Mag der Salz-

gehalt „unselbständiger Meeresräume“ grösser oder kleiner werden, jedenfalls prägt sich Solches in seiner Fauna und Flora aus.

Wenn wir oben zeigten, dass Litoral, Flachsee und eine Flora die einfachsten Elemente eines Meeres genannt werden müssen, so kann sich naturgemäss dieses Bild leicht mannichfaltiger gestalten.

Indem die Fläche des Meeres grösser wird, tritt das offene Meer zu den bestehenden Lebensbezirken hinzu. Zu der litoralen, benthonischen und neritisch-planktonischen Flora gesellt sich das ozeanische Plankton. Während sich die Tiefe des Meeres vergrössert, bildet sich unterhalb der Assimilationsgrenze eine Tiefsee, welche von der Flachsee und dem offenen Meere aus, mit Thieren besiedelt wird.

Aus dem Schoosse des Meeres erheben sich Archipele, und erzeugen mitten in der Region der Tiefsee und des offenen Meeres die Lebensbedingungen der Flachsee und des Strandes.

Die Küstenlinie gliedert sich, und die Meeresorganismen wandern durch den Unterlauf der Flüsse, durch das Aestuarium in das Festland hinein.

Das offene Meer kann sich bionomisch selbstständig machen und, wenn ein uferloses Meer im Laufe der Erdgeschichte existirt haben könnte, so besass dasselbe in seiner Planktonflora eine eigene Nahrungsquelle.

Dagegen ist die Tiefsee bionomisch unselbstständig. Sie besitzt keine Flora und mithin hat sie nicht die Mittel, sich selbst zu ernähren.

Manche Erscheinung, welche zum näheren Verständniss der Korrelation der Lebensbezirke im Raume dient, werden wir erst im dritten Theil dieses Werkes besprechen können, wenn wir die Korrelation der Sedimente kennen gelernt haben.

Die Korrelation der Lebensbezirke in der Zeit ist die nothwendige Folge der räumlichen Beziehungen und der physiologischen Zusammenhänge des Mediums. Grundsatz ist es, *dass nur solche Lebensbezirke zeitlich aufeinanderfolgen können,* oder geologisch gesprochen, *sich überlagern können, welche in der Gegenwart räumlich nebeneinanderliegen.* Es kann also ein Aestuarium nicht ohne Vermittlung des Litorals und der Flachsee auf Tiefsee folgen; dagegen kann sich ein Archipel direkt über der Tiefsee erheben, und da Archipele entweder durch vulkanische Eruptionen oder durch Korallenriffe aufgebaut werden, so können nur solche Sedimente, welche auf diesen vorkommen, über den Ablagerungen des tiefen Wassers erwartet werden.

Unmöglich ist es ferner, dass ein pflanzenloses Meer von einer Fauna ohne Flora besiedelt wird.

Wir würden uns wiederholen müssen, wenn wir alle die bionomischen Beziehungen, welche wir früher im Einzelnen besprochen haben, hier nochmals auseinandersetzen wollten. Das vorliegende Werk soll ja nur die Materialien für eine bionomische Diskussion geologischer Probleme bieten, nicht geologische Fragen selbst behandeln. Und so können wir uns begnügen, darauf hinzuweisen, dass alle die in den vorhergehenden Abschnitten gewonnenen Ansichten auf das geologisch-historische Gebiet übertragen werden können und sollen.

Eine bewunderungswürdige Harmonie mannigfach geknüpfter Verbindungen herrscht in der Gegenwart zwischen den Erscheinungen der anorganischen Welt und der organischen Natur. Haben wir in diesem Bande wesentlich den Einfluss der ersteren auf die Organismen betrachtet, so werden wir im dritten Theil dieses Werkes den schwerwiegenden Einfluss der organischen Bewegungen auf die leblose Natur zu schildern haben.

Wiederholt wollen wir darauf hinweisen, dass der historisch arbeitende Geologe sich nicht damit begnügen darf, den Charakter einer einzelnen Erscheinung festzustellen. Er kann nur dann erdgeschichtlich forschen, wenn er sich versenkt in das Ineinandergreifen der organischen und anorganischen Veränderungen, deren Schauplatz die Gegenwart ist. Nach wie vor muss er das Programm eines KARL VON HOFF, eines LYELL im Auge behalten. Je reicher seine Erfahrung, je umfassender und geschulter sein Blick ist, desto leichter wird er in den Blättern der Erdgeschichte lesen können, desto näher wird er seinem hohen Ziele kommen.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.